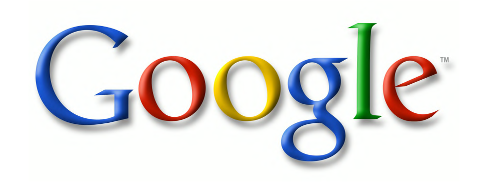




BIBLIOTHÈQUE

DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES

L'ÉCLAIRAGE

A L'ACÉTYLÈNE

BIBLIOTHÈQUE

DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES

L'ÉCLAIRAGE

A L'ACÉTYLÈNE

L'ÉCLAIRAGE

A L'ACÉTYLÈNE

HISTORIQUE — FABRICATION

APPAREILS — APPLICATIONS — DANGERS

PAR

GEORGES PELLISSIER



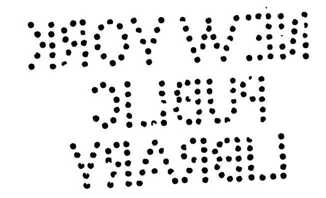
PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

—

1897



INTRODUCTION

L'importance de l'acétylène était complètement reconnue depuis les mémorables expériences de M. Berthelot; mais on ne savait produire ce gaz qu'en faible quantité et par des moyens coûteux; aussi n'avait-il jamais quitté le domaine du laboratoire. Mais, lorsque M. Moissan eut découvert un procédé de fabrication du carbure de calcium qui permettait d'obtenir ce corps et partant l'acétylène en grande quantité et à bas prix, un de ses collaborateurs, M. Bullier, comprit tout le parti industriel qu'on pouvait tirer de cette découverte, et prit des brevets à ce sujet. Toutefois, il se garda bien de franchir d'un seul pas l'énorme distance qui sépare les expériences de laboratoire de la pratique industrielle. Il lui fallait d'abord déterminer quels étaient les dangers réels de l'acétylène et les moyens de remédier à ceux que l'expérience ferait connaître ; étudier les meilleures conditions à

réaliser pour obtenir la combustion éclairante de ce gaz et la construction des becs brûleurs; construire des appareils simples et pratiques pour la préparation de l'acétylène par réaction de l'eau sur le carbure. C'est un vaste programme. L'expérience de ces deux dernières années a prouvé qu'il n'est pas facile à remplir.

C'est ce que ne comprit pas un chimiste américain, M. T. L. Willson qui voulut, un an à peine après la communication de M. Moissan, entreprendre l'exploitation industrielle de l'acétylène. Au mois de janvier 1895, il fit à Philadelphie et fit faire à Londres et à Berlin des conférences dans lesquelles il s'attribuait le mérite de la fabrication du carbure de calcium dans le four électrique, et dans lesquelles il était déclaré que ce produit coûterait un prix dérisoire de bon marché, que la mise en pratique des faits annoncés était la simplicité même, en un mot, que l'acétylène entraînait une révolution complète et immédiate de nos procédés actuels d'éclairage.

Ces conférences, très remarquables d'ailleurs, attirèrent beaucoup l'attention; l'éclairage à l'acétylène fut baptisé « l'éclairage de demain », et chacun se mit à l'œuvre ; ceux même qui, la veille, ignoraient qu'il pût exister un gaz de ce nom, s'engagèrent dans cette voie toute tracée dont on attendait monts et merveilles à très bref délai. Cependant près de deux ans se sont écoulés ; le nombre des travaux publiés sur l'acétylène menace de prendre des proportions

inusitées ; les brevets délivrés à ce sujet se chiffrent par centaines ; mais les applications sont encore très peu nombreuses ; nous ne croyons pas qu'il existe une seule installation présentant un caractère véritablement définitif et industriel ; ce ne sont que des essais et des tâtonnements.

Faut-il en conclure que les espérances conçues à l'origine étaient fausses ? Que l'éclairage à l'acétylène n'est pas susceptible d'applications pratiques ? Nous ne le croyons pas. Tout l'enseignement qu'il faut tirer de cet écart entre les désirs de chacun et leur réalisation, c'est qu'on s'est engagé trop rapidement dans cette voie encore mal connue et peu étudiée jusqu'ici au point de vue pratique. C'est une conséquence malheureuse de l'activité fébrile d'aujourd'hui.

Si un savant ou un inventeur veut conserver la priorité de son invention, ou s'assurer les bénéfices de sa découverte, il est obligé de publier le résultat de ses travaux avant d'avoir pu les porter au point de perfection qu'il désirerait leur donner. L'essaim des inventeurs s'abat alors à grand bruit sur la pâture qui lui est donnée ; le point de départ est bien souvent oublié, parfois ignoré, de la plupart d'entre eux. Faut-il s'étonner que, dans ces conditions, les résultats obtenus ne soient pas en rapport avec la somme de travail dépensée ?

Dans les pages suivantes, nous avons cherché à faire un exposé aussi fidèle et aussi complet que possible de l'état actuel de la question, en insistant particuliè-

rement sur les points d'intérêt général, tels que les dangers possibles, les conditions à réaliser pour la préparation et l'utilisation rationnelles de l'acétylène. Nous avons négligé toutes les applications de ce gaz autres que l'éclairage; elles sont nombreuses ; plusieurs peuvent donner naissance à des industries considérables : il suffira de citer la fabrication de l'alcool, des couleurs d'aniline et d'une foule d'autres produits chimiques, l'application aux moteurs, qui pourra devenir très importante en ce sens que l'acétylène permettra d'emmagasiner une quantité considérable d'énergie sous un poids et un volume plus réduits que tous les autres corps actuellement connus, la carburation de l'acier, etc.

Ces applications ne sont pas encore entrées dans la pratique; leur étude nous eut entraîné à de trop longs développements. Nous pensons qu'un ouvrage spécial pourra leur être consacré.

Le cadre que nous nous étions tracé suffisait complètement à notre tâche ; encore n'osons-nous espérer de l'avoir complètement rempli.

G. PELLISSIER.

Paris, 23 novembre 1896.

L'ÉCLAIRAGE
A L'ACÉTYLÈNE

CHAPITRE PREMIER

Propriétés physiques et chimiques de l'acétylène.

1. ***L'acétylène.*** — L'acétylène a été découvert en 1836 par le chimiste anglais Ed. Davy (1). Il préparait le potassium au moyen du charbon et de la crème de tartre calcinée (carbonate de potasse); en traitant par l'eau le résidu noir qui se forme pendant cette opération, il obtint de l'acétylène.

On reconnut plus tard que l'acétylène existe en faible quantité, environ 0,06 pour 100 dans le gaz d'éclairage ordinaire; dans le gaz à l'eau on en trouve près de 1 pour 100. En 1839, Torrey remarqua dans les canalisations de gaz de New-York, qui étaient en cuivre à cette époque, un corps brunâtre, l'acétylure de cuivre, éminemment explosif sous l'action des chocs ou d'une faible élévation de température. Crova (2) fit une observation analogue, et Boettger obtint le même composé en faisant barboter du gaz d'éclairage dans une solution

(1) Ed. Davy. Notice of a new gaseous bicarburet of hydrogen, and of a particular compound of carbon and potassium or carburet of potassium. *Brit. Asso. Rep.*, 1836, pt 2, p. 62.

(2) *Comptes rendus*, t. LX, p. 415, — 1863.

ammoniacale de cuivre. Quet (1) le prépara en faisant passer dans une solution ammoniacale de protochlorure de cuivre les gaz qui proviennent de la décomposition de l'alcool par l'étincelle électrique ou par la chaleur. En remplaçant les solutions de cuivre par des solutions d'argent, on obtient de l'acétylure d'argent.

Aucun de ces savants n'avait déterminé la nature de ces composés, ni analysé le gaz qui s'en dégage sous l'action de l'acide chlorhydrique.

En 1861, Wöhler (2), en chauffant au rouge blanc un mélange de chaux, de zinc et de carbone obtint du carbure de calcium ; il observa, comme Edm. Davy pour le carbure de potassium, que ce corps mis en présence de l'eau était décomposé spontanément et qu'il se dégageait de l'acétylène. Le savant allemand mourut avant d'avoir pu terminer, comme il l'avait annoncé, l'étude commencée.

Tous ces travaux étaient isolés ; c'est à M. Berthelot qu'on doit l'étude la plus complète et la plus parfaite de l'acétylène (3). Il détermina la nature des composés explosifs obtenus par ses devanciers ; en les traitant par l'acide chlorhydrique, il obtint de l'acétylène. Il étudia les propriétés de ce gaz et parvint à le produire par l'union directe de ses constituants, le carbone et l'hydrogène. Pour cela, il faisait passer un courant d'hydrogène dans un ballon en verre où un arc élec-

---

(1) *Comptes rendus*, t. LVI.

(2) WÖHLER. — Ueber die Bildung des acetylens durch Kohlenst of calcium ; *Gottingen Nachrichten*, 1862, p. 374.

(3) BERTHELOT. Voir les *Comptes rendus*, les *Annales de Chimie et de Physique*, le *Bulletin de la Société de Chimie*, depuis 1855. Voir aussi du même auteur : *Sur la force des matières explosives d'après la thermo-chimie*. 3e édition, 1883. 2 vol., in-8°, et *Essai de mécanique chimique fondée sur la thermo-chimie*. 2 vol. in-8°, 1879.

trique jaillissait entre les deux charbons (fig. 1) ; le gaz ainsi traité se transformait en partie en acétylène qui était recueilli en le faisant barboter dans une solution ammoniacale de cuivre où il formait de l'acétylure de cuivre. Cette magnifique expérience est classique. C'est le seul exemple de synthèse directe d'un hydrocarbure.

Poursuivant son étude magistrale, M. Berthelot détermina les propriétés physiques et chimiques de l'acé-

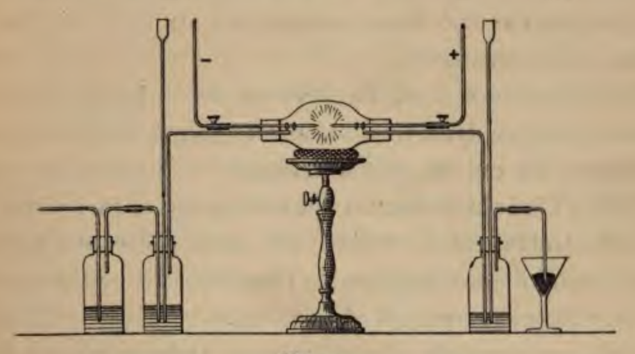


Fig. 1.
Appareil employé par Berthelot pour la synthèse directe de l'acétylène.

tylène et il montra qu'en partant de ce gaz, on pouvait fabriquer de toutes pièces presque tous les corps de la chimie organique. Ces expériences font encore l'admiration du monde savant.

Berthelot avait épuisé la question ; depuis lors, et jusque dans ces derniers temps, on se contenta de répéter ses expériences et de rechercher des procédés pratiques pour obtenir l'acétylène nécessaire aux essais de laboratoire. Outre les procédés dont nous avons déjà parlé, on obtenait l'acétylène par un grand nombre de réactions : en décomposant le gaz des marais ou le gaz de houille à une haute température ou par l'étincelle électrique ; en décomposant par

l'étincelle électrique du tétrachlorure de carbone en présence de l'hydrogène ; en décomposant une matière organique quelconque par la chaleur, par exemple, en faisant passer des vapeurs d'éthylène, d'alcool, d'esprit de bois, etc., dans un tube de porcelaine chauffé au rouge brun ; en faisant passer des vapeurs de chloroforme sur du cuivre chauffé au rouge. Le procédé le plus pratique et le plus employé consistait à réaliser la combustion incomplète du gaz d'éclairage à l'intérieur de brûleurs spéciaux analogues au bec de Bunsen (becs de Jungfleisch).

Dans tous les cas, l'acétylène était isolé en faisant passer les gaz dans une solution ammoniacale de sous-chlorure de cuivre et en traitant l'acétylure de cuivre ($C^2H^2Cu^2O$), ainsi formé par l'acide chlorhydrique à chaud. Cette manipulation est très délicate en raison des propriétés explosives de l'acétylure de cuivre.

On conçoit qu'aucun de ces procédés de préparation n'était susceptible d'applications industrielles ; aussi, bien qu'on reconnût complètement le rôle important que l'acétylène pourrait jouer dans de nombreuses industries, ce gaz ne sortait pas du domaine du laboratoire et de la science pure. Ce n'est qu'à la suite de la découverte, par M. Moissan, d'un procédé de fabrication économique du carbure de calcium, qu'on put songer à réaliser les applications prévues.

2. ***Le carbure de calcium.*** — Nous avons vu plus haut que Davy avait obtenu du carbure de potassium et Wöhler du carbure de calcium. En 1866, Berthelot obtint du carbure de sodium ou acétylure de sodium par le procédé suivant : il faisait chauffer légèrement dans une atmosphère d'acétylène, du sodium métallique ; ce corps se gonfle en absorbant l'acétylène et forme le

composé C^2H^2Na. Lorsque la température est portée au rouge sombre, le sodium détruit l'acétylène et il se forme une masse noire, d'apparence charbonneuse, qui est du carbure de sodium C^2Na^2 ; mis en présence de l'eau, ce corps se décompose et il se dégage de l'acétylène.

En 1892, Maquenne obtint du carbure de baryum en distillant l'amalgame de baryum à 20 pour 100 dans un courant d'hydrogène pur et sec, en présence de charbon en poudre ; dans le courant de la même année, il l'obtint d'une façon plus commode, en se basant sur des expériences de Winkler, en chauffant en vase clos du carbonate de baryte, du magnésium pulvérisé et du charbon de bois, dans les proportions de 26,5 grammes du premier corps, 10,5 grammes du second et 4 grammes du dernier. Le carbure de baryum ainsi obtenu est amorphe, friable et sa couleur est d'un gris bleuâtre. Mis en présence de l'eau, il se décompose et dégage de l'acétylène ; 100 grammes donnèrent 5 200 à 5 400 cm^3 de gaz renfermant 97 à 98 pour 100 d'acétylène et 2 à 3 pour 100 d'hydrogène sans mélange en proportion appréciable d'aucun autre hydrocarbure.

M. Maquenne faisait ressortir l'importance de ce mode de préparation de l'acétylène (1).

La même année, Travers, en Angleterre, par un procédé analogue, obtint du carbure de calcium ; il chauffait pendant dix minutes un mélange de sodium, de chlorure de calcium et de charbon de cornue pulvérisé. Le composé ainsi obtenu ne contenait que 16 pour 100 de carbure de calcium.

Ces procédés n'étaient pas susceptibles d'applications industrielles par suite de leur prix trop élevé et parce

---

(1) MAQUENNE. *Comptes rendus*, 15 février 1892, p. 361 et 17 octobre 1892, p. 560.

qu'ils ne donnaient qu'un produit de composition indéterminée, qui dégageait, par conséquent, de l'acétylène très impur.

C'est à M. Moissan que l'on doit la découverte du procédé actuel de fabrication du carbure de calcium et au cours de ses célèbres expériences sur le four électrique, il reconnut que le carbone des électrodes s'unissait, à haute température, au calcium des terres réfractaires dont les parois du four étaient composées, et qu'il se formait du carbure de calcium de composition non définie. Dans une note présentée à l'Académie des Sciences le 12 décembre 1892, il disait :

« Si la température du four électrique atteint 3 000° la matière même du four, la chaux vive, fond et coule comme de l'eau. A cette même température, le charbon réduit avec rapidité l'oxyde de calcium et le métal se dégage en abondance ; il s'unit avec facilité au charbon des électrodes, pour former un carbure de calcium, liquide au rouge, qu'il est facile de recueillir. »

Il continua ses expériences et, au mois de mars 1894, il présentait à l'Académie du carbure de calcium pur et cristallisé, de composition CaC^2 nettement définie, et qu'il avait obtenu en grandes quantités en soumettant à la haute température du four électrique un mélange de charbon et de chaux. Il appliqua ce corps à la fabrication de l'acétylène. La plupart des chiffres qui ont été publiés depuis, notamment par M. Lewes, sont empruntés à la note qu'il publia à cette époque.

Un mois avant que M. Moissan présentât son mémoire à l'Académie, un de ses collaborateurs, M. Bullier, qui avait reconnu tous les services que ce corps pouvait rendre et en avait fait l'objet de recherches spéciales, avait pris un brevet sur ce procédé de fabrication du carbure de calcium et, partant, de l'acétylène.

Quelques mois après la publication des expériences de Moissan, en août 1894, le chimiste américain T. L. Wilson prit un brevet sur le même sujet; en janvier 1895, presque simultanément, M. V. B. Lewes, à Londres, et M. Willson, en Amérique, firent des conférences très bien étudiées devant des sociétés savantes sur l'avenir commercial du carbure de calcium et de l'acétylène; ils annoncèrent une révolution complète de l'art de l'éclairage. Ces conférences furent très remarquées, et grâce à la publicité qui en résulta, « l'affaire » de l'acétylène fut « lancée »; des sociétés industrielles se formèrent pour l'exploitation du nouveau produit; des usines s'outillèrent pour le fabriquer et les inventeurs se mirent avec ardeur à combiner des appareils pour la préparation automatique de l'acétylène.

Dans leurs conférences, ni Willson ni Lewes ne parlaient des travaux de M. Moissan; le chimiste américain était donné comme le véritable inventeur. D'après eux, Willson, qui s'occupait de la fabrication de l'aluminium au moyen du four électrique, aurait découvert le carbure de calcium pendant ses expériences, dès 1888. On raconte que, dans l'espérance de réduire la chaux à l'état de calcium métallique, il avait soumis à l'action du four électrique un mélange de chaux et de charbon. Il n'obtint pas le résultat désiré, et fit jeter le produit de la réaction dans la cour de son usine. Cette cour était transformée en une véritable mare par un orage qui sévissait alors; il se produisit une violente décomposition et, le gaz qui se dégageait s'enflammant, une explosion en résulta. Ce fait attira l'attention de Willson et de là sortit sa découverte.

Quoi qu'il en soit de cette anecdote, Willson avait probablement observé la formation du carbure de calcium dans le four électrique : il en donne comme

preuve la lettre suivante que lord Kelvin lui écrivit le 5 octobre 1892 : « Monsieur, j'ai reçu le carbure de calcium que vous m'avez adressé ; je l'ai essayé en le jetant simplement dans l'eau et en enflammant le gaz qui se dégage. Ce produit me paraît très intéressant et je vous remercie de me l'avoir envoyé. »

Mais les procédés qu'il employait ne lui permettaient d'obtenir qu'un carbure impur, ne dégageant par réaction avec l'eau qu'une faible quantité d'acétylène impur et par conséquent pas susceptible d'applications industrielles, les seules qu'il recherchait. Il le négligea donc tout d'abord et ne le reprit qu'après que M. Moissan eut, dans sa note à l'Académie, expliqué les conditions nécessaires à sa fabrication. Il modifia alors complètement ses procédés. En effet, il cherchait d'abord à réduire les oxydes métalliques dans le four électrique pour obtenir les métaux rares et l'aluminium. Or, deux procédés principaux existaient alors : le procédé Cowles et le procédé Héroult (§§ 15 et 16); pour pouvoir prendre un brevet, il lui fallait donc trouver une modification à ces procédés. C'est pourquoi il a basé ses premiers brevets sur ce point que, dans sa méthode, à l'encontre des précédentes, la réduction s'effectue *sans fusion*, celle-ci étant très nuisible aux appareils générateurs électriques par suite des variations brusques et très considérables d'intensité qui en résultent. La fusion était empêchée en mettant un excès de charbon dans le mélange à traiter. Otez ces deux points, absence de fusion, excès de charbon, et les procédés Willson seraient identiques aux procédés connus alors.

Or, les expériences de M. Moissan ont prouvé que le carbure de calcium pur, répondant à la formule CaC^2, ne se forme que si la chaux et le charbon sont en propor-

tions déterminées, et ne se forme qu'*avec fusion*. Willson pouvait donc obtenir accidentellement du carbure de calcium non défini, mais il ne pouvait obtenir le carbure défini, CaC^2, qui seul permet la fabrication industrielle de l'acétylène. Du reste, Willson a reconnu lui-même que ses premiers procédés étaient impropres, car dans son brevet pris vers la fin de 1894, il adopte complètement les procédés de M. Moissan et déclare que le produit de sa nouvelle invention « est distingué du carbure de calcium qu'on produisait auparavant en petites quantités pour des expériences de laboratoire en ce qu'il est cristallisé et qu'il existe en masses de cristaux cohésifs, tandis que l'ancien carbure était amorphe et incapable d'être aggloméré en une masse solide. Il est aussi distingué par sa pureté presque complète et, lorsqu'il est traité par l'eau, il dégage environ 5,8 pieds cubes d'acétylène par livre anglaise.... J'affirme que la formation du carbure de calcium réalisée dans les conditions ci-dessus doit être considérée comme un simple procédé de fusion. »

Ces déclarations tout opposées de l'inventeur américain prouvent à l'évidence l'influence qu'ont eu sur ses découvertes, les travaux publiés par M. Moissan et justifient complètement la réclamation de priorité que celui-ci a faite (1).

3. ***Propriétés chimiques de l'acétylène.*** — L'acétylène est le plus simple des hydrocarbures; il est composé de deux atomes de carbone unis à deux atomes d'hydrogène. Sa formule en notation atomique est donc C^2H^2.

Il renferme en poids 92,3 parties de carbone, et 7,7 parties d'hydrogène. Sa composition centésimale est

(1) *Revue générale des Sciences*, 15 juin 1895, p. 514.

Toutes les séries de mesures que j'ai effectuées ont donné des résultats concordants, même avec des échantillons de gaz différents ; à une même température, j'ai constamment retrouvé la même pression, et en laissant dégager les deux tiers de l'acétylène en expérience, la force élastique n'a pas varié, ce qui permet d'admettre qu'aucune trace d'air ou de gaz difficilement liquéfiable n'ajoutait sa pression à celle de la vapeur saturée. »

Les chiffres publiés par M. Villard semblent donc devoir être adoptés comme se rapprochant le plus de la vérité. M. Raoul Pictet a bien déclaré que le gaz employé par ce savant n'était pas pur et que l'acétylène purifié par ses procédés (§ 39) se liquéfiait beaucoup plus facilement ; mais les chiffres du savant genevois n'ont jamais été vérifiés, et comme ils ont été publiés dans un but commercial, en compagnie d'autres chiffres que l'expérience n'a pas confirmés, nous les négligerons.

Voici les résultats obtenus par M. P. Villard :

Températures.	Pressions.	Observations.
— 90°	0,89 amt.	acétylène solide.
— 85	1,00	»
— 81	1,25	point de fusion.
— 70	2,22	acétylène liquide.
— 60	3,55	»
— 50	5,3	»
— 40	7,7	»
— 23,8	13,2	»
0	26,05	»
+ 5,8	30,3	»
+ 11,5	34,8	»
+ 15,	37,9	»
+ 20,2	42,8	»
+ 37,	68	point critique.

Si on laisse l'acétylène liquide s'évaporer librement dans l'air, le refroidissement produit par cette détente est suffisant pour solidifier l'acétylène sans le secours d'aucune autre source de froid.

La neige d'acétylène ainsi produite passe rapidement

à l'état gazeux à la température et à la pression ambiantes; l'acétylène qui se dégage peut être enflammé et l'on a alors le curieux spectacle d'un corps brûlant à la température de — 85° C environ.

L'acétylène liquide est excessivement mobile; il est très réfringent et très transparent : quand il est renfermé dans un tube en verre, on ne peut s'assurer de sa présence qu'en regardant le ménisque supérieur. C'est le liquide le plus léger que l'on connaisse; sa densité est la suivante :

Température.	Densité.
— 7° C	460 grammes par litre.
0	451 — —
+ 16,4	420 — —
+ 35,8	364 — —

Comme on peut s'en rendre compte par les chiffres précédents, l'acétylène liquide a un coefficient de dilatation très élevé; en se solidifiant il se contracte encore; son volume est alors environ moitié moindre qu'à la température moyenne de + 15° C.

L'acétylène liquide dissout la paraffine et les matières grasses.

L'acétylène gazeux se dissout dans un grand nombre de liquides; ainsi l'eau en absorbe à peu près son volume; il est encore plus soluble dans l'alcool et dans l'acétone; il est très peu soluble dans l'eau saturée de sel marin :

	Solubilité de l'acétylène gazeux dans les liquides à la pression de 760mm et à la température de 0° C.
Eau saturée de sel marin	0,05 volume
Eau	1, »
Sulfure de carbone	1, »
Pétrole raffiné	1,5 »
Essence de térébenthine	2, »
Chloroforme	4, »
Benzine	4, »
Alcool absolu	6, »
Acétone	31, »

Les propriétés de l'acétone ont été découvertes par MM. Claude et Hess.

La solubilité de l'acétylène dans les liquides augmente avec la pression et diminue avec la température, suivant les lois connues de ce phénomène. Ces propriétés peuvent être mises à contribution soit pour empêcher l'absorption de l'acétylène dans le liquide des gazomètres, soit pour emmagasiner une grande quantité de gaz sous un faible volume et à des pressions peu élevées; ainsi, un litre d'acétone à la pression de 12 atmosphères absorbe 360 litres d'acétylène, c'est-à-dire autant que l'on pourrait mettre d'acétylène liquide dans un volume égal, bien que la pression dans ce dernier cas soit beaucoup plus élevée.

Laissé en présence de l'eau, l'acétylène forme un composé solide, l'hydrate d'acétylène, qui a été reconnu par M. Cailletet en 1878, puis en 1888, par M. P. Villard, qui en a fait une étude détaillée.

LES DANGERS DE L'ACÉTYLÈNE SOUS FAIBLE PRESSION (1)

La crainte des accidents qu'on pouvait redouter avec l'emploi de l'acétylène a beaucoup contribué à retarder le développement des applications industrielles de ce gaz. Plusieurs accidents survenus par suite d'imprudences ont augmenté cette crainte. Si l'on excepte les explosions provenant du fait de l'acétylène liquide, dont nous parlerons plus tard, on peut signaler les accidents

(1) Les dangers de l'acétylène liquéfié ou comprimé seront étudiés séparément (§ 92).

suivants : à Paris une explosion se produisit pendant que des ouvriers faisaient une brasure à un appareil qu'ils croyaient entièrement purgé de gaz et qui en contenait encore une certaine quantité mélangée à l'air atmosphérique. A Fécamp, une explosion se produisit dans des circonstances analogues, pendant qu'un ouvrier faisait une soudure sur un gazomètre qu'il n'avait pas pris soin de vider. A Lyon, un café fut détruit par une violente détonation due à l'inadvertance d'un garçon qui avait oublié de fermer un robinet de l'appareil producteur du gaz. A Milan, un inventeur rechercha une fuite d'acétylène dans son appareil au moyen d'une bougie allumée; l'appareil sauta et l'inventeur fut dangereusement blessé. Enfin, à Châteauroux, deux personnes furent blessées par l'explosion d'un appareil qui contenait encore un mélange d'air et d'acétylène et sur lequel on faisait une soudure.

Tous ces accidents sont dus à des imprudences; il s'en produit tous les jours de semblables avec le gaz de houille; on ne saurait donc se baser sur ces faits pour conclure que l'acétylène est plus dangereux que ce dernier. Comme tous les gaz inflammables, l'acétylène peut évidemment causer des accidents; il faut prendre des précautions dans son emploi et observer certaines règles pour la construction des appareils destinés à sa préparation et à son utilisation. Nous nous occuperons dans des chapitres ultérieurs de ces derniers points; actuellement, nous étudierons quelles sont les propriétés particulières de l'acétylène qui pourraient rendre son emploi dangereux.

5. ***Explosibilité.*** — L'acétylène est un gaz endothermique, c'est-à-dire que sa formation par la combinaison de ses éléments, le carbone et l'hydrogène, absorbe de

la chaleur. Or, on sait depuis les expériences de M. Berthelot, que les gaz endothermiques, lorsqu'ils se décomposent, dégagent la chaleur qu'ils ont absorbée lors de leur formation, et qu'ils jouent le rôle de véritables explosifs, tout comme la nitroglycérine ou le coton-poudre.

Le gaz d'éclairage doit être mélangé d'une certaine proportion d'air ou d'oxygène pour former un produit explosif. L'acétylène et les autres gaz à formation endothermique et à décomposition exothermique peuvent, en principe, faire explosion sans être mélangés à d'autres gaz.

En effet, toutes les fois qu'une réaction exothermique n'est point limitée par la réaction inverse, on concoit *a priori* qu'elle doive tendre à devenir explosive. Il en serait même nécessairement ainsi, si les corps mis en expérience pouvaient être soustraits d'une manière absolue à l'influence du refroidissement. Dans une telle condition, la chaleur dégagée par la réaction tendrait sans cesse à élever davantage la température du système et, par suite, la vitesse de la décomposition elle-même, jusqu'à ce que celle-ci prît le caractère d'une explosion proprement dite, phénomène qui ne se présente jamais dans une réaction endothermique. Au contraire, cette circonstance se réalise dans un grand nombre de réactions exothermiques.

On pouvait donc craindre que l'acétylène ne fût un explosif, capable de détoner dans tout son volume, si un de ses points était accidentellement décomposé par suite d'une élévation de température suffisante, provenant soit d'un corps en ignition, soit d'un choc, soit de l'explosion d'une capsule détonante de fulminate de mercure. Heureusement, il n'en est rien; si l'acétylène à la pression ordinaire, sans mélange d'oxygène, est décomposé en un de ses points, la décomposition ne se propage pas

à la masse entière ; il n'en résulte, par conséquent, pas d'explosion.

Il ne suffit pas, en effet, qu'un gaz soit endothermique pour que sa décomposition soit illimitée ; en principe, il devrait en être ainsi, comme nous le disions plus haut, mais différentes circonstances peuvent s'opposer en pratique à la réalisation de ce fait. M. Berthelot l'expliquait en ces termes : « La condition d'un refroidissement nul étant impossible à remplir, les réactions exothermiques et non limitées ne deviendront pas explosives toutes les fois que la chaleur dégagée dans un temps donné sera insuffisante pour compenser les effets du refroidissement. Ces derniers effets, d'ailleurs, dépendent de la masse des corps mis en expérience, de la masse et de la nature des corps avec lesquels ils sont mis en contact, de la quantité de chaleur fournie par la source, de l'excès de la température de la source sur la température ambiante, etc., etc. »

C'est ainsi que « l'acétylène, le cyanogène, le bioxyde d'azote ne détonent ni par simple échauffement, ni par le contact d'une flamme, ni sous l'influence de l'étincelle ou même de l'arc électrique... Ce n'est pas que ces composés soient très stables d'une façon absolue : ils se décomposent, en effet, souvent, et même dès le rouge sombre, avec formation de polymères..., mais ils ne font pas explosion, malgré le très grand dégagement de chaleur qui accompagne ces métamorphoses, probablement en raison de la lenteur avec laquelle elles s'accomplissent. Ils ne détonent pas davantage, ce qui est plus singulier, sous l'influence des étincelles électriques, malgré la température excessive et subite développée par celles-ci. »

La lenteur relative avec laquelle s'opère la réaction explique pourquoi il ne se produit pas d'explosion.

L'acétylène changé en benzine dégage 85500 calories pour 33,6 litres de gaz, soit 2192 calories pour 1 gr. d'acétylène, tandis que 1 gr. de poudre au chlorate de potasse ne dégage que 590,6 calories, c'est-à-dire environ 4 fois moins. Pourtant, la réaction est si lente dans le premier cas qu'il n'en résulte pas d'explosion.

M. Berthelot ne parvint à faire détoner l'acétylène que par l'inflammation d'une capsule de fulminate de mercure et cela en raison des pressions énormes qui résultent de l'inflammation de ce corps, pressions qui pourraient atteindre jusqu'à 27000 kg : cm². Il employait une éprouvette de 20 à 25 centimètres cubes et 0,1 gramme de fulminate de mercure qui était enflammé par un fil rougi par un courant électrique.

Les expériences du grand chimiste disaient donc tout le contraire de ce qu'on voulait leur faire dire. Il en résulte que l'acétylène, à la pression ordinaire, ne fait que très difficilement explosion et dans des circonstances difficiles à réaliser involontairement.

Ces résultats ont été pleinement confirmés par les expériences faites récemment en France et en Angleterre.

Dans une étude que publiait le *Gas World* au commencement de 1896, M. Lewes déclarait, en effet : « Une forte amorce de fulminate de mercure, en détonant dans l'acétylène, détermine une onde explosive qui ne se propage pas et s'arrête à faible distance. En pratique, il ne pourrait se produire qu'une explosion d'acétylure de cuivre, et l'expérience nous a appris qu'elle n'entraînait pas celle de l'acétylène. »

MM. Vieille et Berthelot ont reconnu que sous la pression atmosphérique et à pression constante, l'acétylène ne propage pas à une distance notable la décomposition provoquée en un de ses points. Ni l'étincelle, ni

la présence d'un point en ignition, ni même l'amorce au fulminate n'exercent d'action au delà du *voisinage de la région soumise directement à l'échauffement ou à la compression*.

Il en est tout autrement dès que la condensation du gaz est accrue et sous des pressions *supérieures à deux atmosphères*. L'acétylène présente alors les propriétés ordinaires des mélanges tonnants. Si l'on excite sa décomposition par ignition en un point, à l'aide d'un simple fil de platine ou de fer porté à l'incandescence au moyen d'un courant électrique, elle se propage dans toute la masse, sans affaiblissement appréciable.

Ces phénomènes ont été observés sous des longueurs de 4 mètres, dans des tubes de 20 millimètres de diamètre. Cette propriété peut être rapprochée de l'abaissement de la limite de combustibilité des mélanges tonnants sous pression : elle est vraisemblablement générale dans les gaz endothermiques.

Nous reviendrons plus loin (§ 92) sur les propriétés explosives de l'acétylène comprimé ou liquéfié. Nous ferons simplement observer, pour l'instant, que les dangers provenant d'une explosion de l'acétylène à faible pression sans mélange d'oxygène semblent devoir être écartés; toutefois, comme le refroidissement dû aux parois joue un rôle important dans ce phénomène, il serait bon de savoir ce qui se produirait dans des tubes de plus grand diamètre et dans des tubes placés sous terre comme pourraient l'être les canalisations d'acétylène dans une ville.

Les expériences de MM. Vieille et Berthelot ont montré aussi que les effets du choc ne sont pas à craindre.

6. ***Mélanges détonants***. — Les mélanges d'air et d'acétylène sont ou ne sont pas explosifs par inflammation,

suivant les proportions des deux gaz en présence.

Voici, d'après M. Gréhant, ce qui se produit lorsqu'on enflamme un mélange d'air et d'acétylène ou d'air et de gaz d'éclairage en proportions variables.

Proportions du mélange.		Acétylène. — Observations.	Gaz d'éclairage. — Observations.
Gaz	Air		
1	1	Flamme fuligineuse.	Ne brûle pas.
2	1	— —	—
3	1	Détonation ; dépôt de charbon. . .	Détone.
4	1	Détonation plus forte ; sans dépôt.	Détone un peu plus.
5	1	Forte détonation.	Forte détonation.
6	1	— —	—
7	1	Très forte détonation.	Détonation moins forte.
8	1	— —	—
9	1	Tube brisé.	—
10	1	Forte détonation.	—
11	1	— —	Faible détonation.
12	1	— —	Plus d'inflammation.
13	1	Détonation un peu moins forte. . .	
14	1	— — . . .	
19	1	Faible détonation.	
20	1	Inflammation sans détonation. . .	
25	1	— — . . .	

D'après M. Le Châtelier, les mélanges d'acétylène avec l'air ne commencent à être inflammables qu'à partir de la teneur de 2,7 pour 100 et cessent de l'être au delà de 65 pour 100. Comme terme de comparaison, on peut rappeler que le gaz d'éclairage ne commence à donner des mélanges inflammables qu'à partir de la teneur de 8,1 pour 100. Il suffit donc d'une faible quantité d'acétylène mélangée à l'air pour rendre une explosion possible ; mais il faut remarquer que l'odeur pénétrante de ce gaz permet de déceler une fuite avec infiniment plus de facilité que pour le gaz d'éclairage.

L'acétylène est beaucoup plus inflammable que les autres gaz [illegible] ême que l'hydrogène ; sa tem-

pérature d'inflammation est voisine de 500 degrés. Un mélange avec l'air, enfermé dans un tube à essais, s'enflamme rapidement quand on chauffe extérieurement le tube sur une lampe à alcool.

Les mélanges les plus combustibles, renfermant des proportions de gaz comprises entre 5 et 15 pour 100, ont une vitesse de propagation comprise entre 4 et 8 mètres. Au delà de 25 pour 100, la vitesse tombe au-dessous de 0,40 m. par seconde. Elle n'est plus que de 0,05 m. par seconde à la limite supérieure d'inflammabilité correspondant à la teneur de 65 pour 100.

Dans les mélanges à vitesse maxima, correspondant aux teneurs de 8 à 10 pour 100, la flamme remonte à travers des tubes de 1 millimètre de diamètre, mais est arrêtée par des tubes de 5 millimètres de diamètre.

Ces données permettent de comprendre quelles précautions il faut prendre dans la mise en œuvre de l'acétylène pour éviter les dangers provenant de l'explosion de mélanges tonnants. Elles doivent être prises en considération lorsqu'on fait des mélanges d'air et d'acétylène pour obtenir une flamme éclairante, comme plusieurs inventeurs l'ont proposé. Ces mélanges sont faits dans des gazomètres avant d'être lancés dans les canalisations ou dans des becs spéciaux, au moment même d'être brûlés. Dans un cas comme dans l'autre, on doit prendre des précautions suffisantes pour que la proportion d'air ne puisse atteindre la teneur d'un mélange explosif.

Moins encore que pour le gaz de houille, une fuite ne devra être recherchée à l'aide d'une lumière, car il suffit d'une beaucoup plus faible proportion d'acétylène que de gaz pour provoquer une explosion.

Si les appareils à acétylène exigent des réparations, on devra les purger et les nettoyer avec le plus grand soin avant de pratiquer sur eux ni brasure ni soudure; s'il

restait, en effet, de l'acétylène dans ces appareils, il se mélangerait avec l'air atmosphérique, et des explosions pourraient se produire lors de l'échauffement produit par l'opération de la soudure ou de la brasure. Nous avons vu plus haut que faute d'avoir pris ces précautions, des ouvriers imprudents ont été blessés.

Enfin, une dernière conséquence en résulte relative à la construction des appareils. Il est assez difficile (chap. III) d'obtenir, avec la plupart des appareils actuels, un dégagement régulier d'acétylène ; le gazomètre trop rempli peut donc parfois laisser échapper du gaz dans l'atmosphère, ce qui offre des dangers d'explosion si le local où est placé l'appareil n'est pas très bien ventilé.

7. ***Attaque des métaux***. — La formation de l'acétylure de cuivre ou de l'acétylure d'argent est la réaction caractéristique servant, dans les laboratoires, à déceler la présence de l'acétylène. On fait pour cela barboter le gaz dans une solution ammoniacale de sous-chlorure de cuivre ; il se forme un dépôt brunâtre qui est de l'acétylure de cuivre, corps éminemment explosif lorsqu'on le soumet à l'action d'un choc ou d'une faible élévation de température. Cette réaction est très sensible ; elle permet de déceler la présence de 1/200e de milligramme d'acétylène mélangé à l'hydrogène, et 1/100e de milligramme en présence de l'air.

Ces acétylures peuvent-ils se former dans les conditions ordinaires où l'acétylène est employé dans les appareils actuels ? Cette question avait une importance très considérable lorsqu'on craignait qu'une explosion d'acétylure ne fît décomposer tout le gaz contenu dans les appareils. Elle présente moins de gravité maintenant que cette conséquence semble écartée. Elle mérite néanmoins de fixer l'attention.

M. Lewes a reconnu que le gaz sec et pur est sans action sur les métaux, mais qu'étant humide, il attaque vivement le cuivre et plus lentement les alliages de cuivre. M. Bullier a fait remarquer que la formation de l'acétylure ou acétylénure de cuivre n'est pas aussi simple qu'on semble le supposer; pour que ce corps puisse prendre naissance, il faut que l'acétylène se trouve en présence d'un sel de cuivre au minimum d'oxydation, c'est-à-dire d'un sous-sel de cuivre, et de plus, en présence d'un excès d'ammoniaque.

« Ce sont là, ajoute le collaborateur de M. Moissan, des conditions bien difficiles à réaliser involontairement. Dans la pratique, les sels de cuivre que l'on rencontre étant toujours au maximum d'oxydation, nous n'avons donc rien à craindre de ce côté. » Si ces conditions étaient réalisées, l'acétylénure se formerait aussi bien avec de l'acétylène chimiquement pur qu'avec de l'acétylène ordinaire.

« Depuis bientôt deux années, dit le même expérimentateur, j'ai en service dans mon laboratoire de la rue de Buffon des appareils en cuivre qui se trouvent en contact direct avec le gaz venant du générateur, ainsi que toute la robinetterie de cette petite usine, et je n'ai jamais eu à observer la moindre production d'acétylénure de cuivre. Le cuivre se recouvre parfois d'une légère couche brunâtre, surtout quand le milieu ambiant est humide ; ce produit n'est autre qu'un dépôt charbonneux résultant de l'action de l'acétylène sur des sels de cuivre au maximum d'oxydation, et non de l'acétylénure de cuivre. »

Il est bon, toutefois, de se souvenir que l'acétylure de cuivre a été trouvé par Torrey et Crova (§ 1) dans les canalisations de gaz de houille, qui ne contient que de faibles proportions d'acétylène ; sa production est donc possible sinon facile.

On peut s'affranchir complètement de la crainte de l'acétylure qui, dans les premiers temps, était, suivant l'expression spirituelle de M. Ph. Delahaye, le commencement de la sécurité. Il suffit pour cela de n'employer que des métaux inattaquables par l'acétylène ; la plupart des métaux usuels employés dans l'industrie du gaz sont dans ce cas : le fer, le plomb, l'étain, le zinc ; le bronze et le laiton, bien que contenant du cuivre, ne sont pas sensiblement attaqués ; on pourrait même, si l'on tenait à s'en servir, les étamer ou les enduire d'un vernis protecteur.

8. *Toxicité de l'acétylène.* — Les dangers qui peuvent résulter de l'inhalation d'air mélangé d'acétylène sont très faibles en comparaison de ceux qui résultent de l'inhalation d'air mélangé de gaz d'éclairage ordinaire. Dès que les expériences de Moissan eurent démontré la possibilité du développement industriel de l'éclairage à l'acétylène, les adversaires de ce nouvel illuminant, intéressés pour la plupart dans des industries concurrentes, déclarèrent que l'acétylène est toxique. Ils fondaient cette opinion sur les résultats obtenus par Bistrow et Liebreich, qui avaient jadis conclu de leurs expériences que l'acétylène se combine avec l'hémoglobine du sang pour former un composé similaire à celui produit par l'oxyde de carbone, qui, chacun le sait, est très dangereux.

Le docteur américain W. H. Birchmore (1) alla jusqu'à déclarer qu'une proportion d'acétylène de 1 pour 10000 lui avait fait, en 20 minutes, éprouver un violent mal de tête ; pourtant l'odeur caractéristique de l'acétylène n'était pas perceptible ; il resta ensuite dans l'atmosphère

(1) *The Electrical Engineer*, de New-York, 13 novembre 1895, p. 469.

ainsi contaminée jusqu'à ce que sa vue fut troublée. « C'était une grave imprudence, ajoutait-il : dans l'espace d'une heure, après avoir quitté le lieu de l'expérience, je respirai difficilement, et, pendant quelques heures, des nausées, une prostration générale et une sensation d'épuisement qui me força à rester au lit tout le jour suivant, se manifestèrent. Les effets ressentis n'étaient pas ceux du sommeil, mais, tout au contraire, les effets subjectifs des narcotiques éthérés : hallucination et phénomènes connexes. Trois jours après, les mouvements du cœur étaient encore si sensibles qu'en essayant de traverser rapidement, à pied, le pont de Brooklyn, je ressentis une sensation d'épuisement telle que je dus m'arrêter. »

L'exagération même des effets annoncés par le docteur américain les font mettre en doute. Nous ne suspectons pas la bonne foi de cet expérimentateur, mais il faut croire que l'imagination joua un grand rôle dans ses essais.

En effet, jusqu'à présent, aucun de ceux qui ont préparé et manipulé l'acétylène ne paraît avoir été empoisonné par ses émanations. Pourtant, ils sont nombreux et ont respiré bien souvent des quantités d'acétylène beaucoup plus considérables que 1 pour 10000 et pendant plus longtemps que 20 minutes.

M. Gréhant, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, a préparé plus de 1000 litres d'acétylène qu'il a employés à des expériences comparatives ; ces expériences ont été résumées dans une note qu'il a présentée à l'Académie des Sciences, le 21 octobre 1895. Il en résulte que l'acétylène n'est toxique qu'à une dose élevée et est beaucoup moins dangereux sous ce rapport que le gaz d'éclairage.

L'action de différents mélanges tirés d'acétylèn

d'air et d'oxygène, renfermant toujours 20,8 d'oxygène pour 100, comme l'air atmosphérique, a été successivement étudiée.

En faisant respirer à un chien un mélange renfermant 20 pour 100 d'acétylène, on a constaté que le chien restait calme, que ses mouvements respiratoires offraient beaucoup d'amplitude; l'analyse au grisoumètre des gaz contenus dans 42 cm³ de sang artériel prélevés 35 minutes après le début de l'expérience a montré que 100 cm³ de sang contenait 10 cm³ d'acétylène.

Un second mélange était formé de 55 litres d'acétylène, de 66 litres d'air et 16,5 litres d'oxygène (renfermant 10 pour 100 d'azote), de manière à ce que l'acétylène formât 40 pour 100 du volume total. Un chien qui respira ce mélange, après avoir présenté une longue période d'agitation, fit circuler dans les poumons 112 litres du mélange; tout à coup, cinquante et une minutes après le début de l'expérience, l'animal étendit brusquement les pattes et mourut; il y eut arrêt du cœur; on aspira du sang dans la veine cave inférieure et l'on reconnut au grisoumètre, la présence de 20 cm³ d'acétylène dans 100 cm³ de sang.

Un autre mélange renfermait 79 d'acétylène et 21 d'oxygène. Un chien astreint à le respirer mourut au bout de 27 minutes. Un cobaye placé sous une cloche où l'on dirigeait le mélange, tomba sur le flanc au bout de 6 minutes; retiré de la cloche 33 minutes plus tard, l'animal se releva et parut rétabli, mais il mourut pendant la nuit.

Pour comparer la toxicité de l'acétylène à celle du gaz d'éclairage, M. Gréhant prenait un mélange de 115 litres d'air, 5,3 litres d'oxygène et 20 litres de gaz, mélange qui devait renfermer 1 pour 100 d'oxyde de carbone et 20,8 d'oxygène. Un chien astreint à respirer ce mélange

a présenté au bout de trois minutes une vive agitation, au bout de six minutes, des mouvements d'agitation très violents; on fit, dix minutes après le début de l'expérience, une prise de sang dans l'artère carotide et de 100 cm³, on put retirer 27 cm³ d'oxyde de carbone; l'animal détaché resta couché sur le sol, il était très malade, et si l'expérience avait duré quelques minutes de plus, il serait mort; le gaz d'éclairage est donc beaucoup plus toxique que l'acétylène.

A propos de cette note, M. Berthelot a rappelé quelques expériences qu'il a faites, il y a trente ans, avec Cl. Bernard et qui confirment les résultats de la non toxicité de l'acétylène à faible dose : des moineaux placés dans l'air contenant quelques centièmes d'acétylène pur ne paraissaient pas en souffrir d'une manière notable.

M. Moissan, de son côté, a déclaré n'avoir jamais été incommodé par la respiration de l'acétylène.

Il résulte de ces différents travaux qui ont, du reste, été confirmés par les expériences de M. Brocinier (1), que l'acétylène est peu toxique, même après plusieurs heures d'inhalation, surtout si l'on prend soin d'entretenir la circulation du gaz afin de maintenir constante la proportion d'oxygène et d'éliminer les produits de la respiration.

M. Trouvé a été plus loin et a déclaré que ses ouvriers éprouvaient un soulagement marqué, en cas d'irritation es voies respiratoires, toux, enrouement, rhumes, etc., espirer une atmosphère chargée d'acétylène. Tout le de sait que le traitement au gaz d'éclairage a été nisé pour la guérison de la coqueluche; la mau- odeur de l'acétylène aurait-elle la propriété

(1) *Comptes rendus*, 25 novembre 1895.

de tuer les microbes ? Nous n'oserions l'affirmer.

Il est, en tout cas, évident que l'acétylène est beaucoup moins toxique que le gaz d'éclairage ordinaire. Celui-ci renferme de 6 à 8 pour 100 d'oxyde de carbone, et aux États-Unis certains gaz d'éclairage contiennent de 20 à 30 pour 100 d'oxyde de carbone. Les propriétés très délétères de cet oxyde n'ont jamais pourtant empêché l'emploi des gaz qui le contiennent.

Enfin nous verrons dans un chapitre ultérieur que les produits de la combustion de l'acétylène sont beaucoup moins dangereux que ceux du gaz de houille.

CHAPITRE II

Fours électriques.

On n'a pu préparer industriellement le carbure de calcium que par l'emploi des hautes températures données par les fours ou creusets électriques; ceux-ci mettent à contribution l'échauffement des conducteurs par le passage du courant, ou l'arc voltaïque, qui est un cas particulier du phénomène précédent. Nous commencerons donc logiquement par étudier sommairement ces deux phénomènes.

9. ***Échauffement des résistances.*** — Lorsqu'on fait passer un courant électrique dans un conducteur, celui-ci s'échauffe; la quantité de chaleur dégagée pendant l'unité de temps est proportionnelle à RI^2, c'est-à-dire qu'elle augmente proportionnellement à la résistance du conducteur et au carré de l'intensité du courant qui le traverse. En donnant à R et à I des valeurs suffisamment grandes on peut porter le conducteur à des températures énormes. Dans chaque cas particulier, la température atteinte est limitée par la quantité de chaleur dissipée par rayonnement et par convexion; lorsque les hautes températures sont atteintes, les corps soumis à l'action de cette source de chaleur

fondent, se dissocient ou se volatilisent ; la quantité de chaleur absorbée par ces phénomènes limite la température qu'on peut atteindre. De même que l'eau placée dans un vase ouvert sur le feu le plus ardent ne dépassera jamais la température de 100°, de même dans nos fours électriques la température maxima utilisable est limitée par la fusion, la décomposition ou la volatilisation des corps qui servent d'intermédiaires pour transformer l'électricité en chaleur.

L'échauffement des conducteurs a été utilisé pour la construction de nombreux fours électriques. On dispose alors les substances autour d'un conducteur infusible, de résistance élevée, et dans lequel on fait passer un courant de grande intensité ; l'échauffement de ce conducteur suffit pour porter la température des corps voisins à une très haute valeur.

10. ***L'arc voltaïque.*** — Chacun sait aujourd'hui que si on rapproche d'abord au contact deux tiges de charbon reliées l'une au pôle négatif, l'autre au pôle positif d'une puissante source d'électricité, et qu'on les écarte ensuite à une faible distance l'une de l'autre, il jaillira entre elles une sorte d'étincelle ou de flamme qui a reçu le nom d'arc voltaïque ou arc électrique ; l'extrémité des deux charbons rougit et ce foyer émet une lumière intense.

Ce phénomène a été découvert par Humphry Davy, en 1801. Il a été depuis l'objet de nombreuses études et a été le point de départ de l'industrie de l'éclairage électrique.

Voici les conditions dans lesquelles il se forme et les circonstances qui l'accompagnent.

Pour que l'arc électrique s'établisse entre les deux pointes de charbon, il faut qu'elles soient portées à une

différence de potentiel assez considérable et que l'intensité du courant soit élevée. La tension doit être au minimum d'environ 35 volts avec un courant continu et 25 volts avec un courant alternatif. La longueur de l'arc augmente lorsque la différence de potentiel et l'intensité augmentent elles-mêmes. Despretz avait obtenu avec des piles des arcs d'une longueur de 7 cm environ ; avec les puissantes dynamos modernes, on peut obtenir des arcs d'une longueur considérable, qui dépend d'ailleurs de la position des charbons ; lorsque ceux-ci sont verticaux, la longueur la plus grande est obtenue lorsque le charbon positif est en haut ; lorsqu'ils sont disposés horizontalement, la longueur de l'arc est plus faible parce que le courant d'air chaud qui s'y forme s'élève et tend à souffler l'arc.

Les charbons employés pour produire l'arc électrique sont d'une substance très dure et très compacte fournie par l'agglomération sous forte pression, d'un mélange de coke et de goudron cuit ensuite à l'abri de l'air à une haute température.

Les deux charbons s'échauffent et s'usent très inégalement. Dans l'air le charbon relié au pôle s'use positif deux fois plus vite que l'autre et rougit sur une beaucoup plus grande longueur ; il se creuse en forme de cratère tandis que le charbon négatif se taille en forme de pointe.

La température de l'arc est la plus élevée que nous ayons pu produire dans nos laboratoires ; elle est due au passage du courant électrique dans l'intervalle d'air chargé de molécules volatilisées de charbon qui forme la flamme de l'arc ; la résistance électrique de cette flamme, malgré sa petite longueur, étant très grande, la quantité de chaleur dégagée en un faible espace est considérable et la température atteint des valeurs très

élevées ; elle augmente lorsque l'intensité du courant devient plus forte, puisque la quantité RI^2 augmente alors. La température de la flamme n'est pas limitée, mais la température atteinte par les électrodes ne peut dépasser celle qui correspond à la volatisation du charbon, soit environ 3600° C, d'après les expériences de M. Violle ; si l'on augmentait indéfiniment l'intensité du courant sans augmenter la section des charbons et partant le volume de la flamme, les charbons rougiraient sur une plus grande longueur, sans produire d'effet utile, mais leur température n'augmenterait pas.

11. ***Davy*, *Children*, *Grove***. — Davy, qui venait de découvrir l'arc électrique, fut également le premier à utiliser les effets calorifiques du courant électrique en vue de réaliser des réactions chimiques (1). Ce fut au cours de ses célèbres expériences sur la réduction des métaux alcalins.

Il espérait d'abord obtenir du potassium ou du sodium par l'électrolyse d'une solution aqueuse de potasse ou de soude. Il n'y put parvenir. La présence de l'eau empêchant la décomposition voulue, Davy employa comme électrolyte de la potasse fondue par une source extérieure de chaleur ; il n'obtint encore aucun résultat satisfaisant. C'est alors qu'il songea à employer l'électricité « comme agent commun de fusion et de décomposition » et qu'il obtint enfin le résultat cherché.

C'est le premier exemple connu de l'emploi du courant électrique en vue de l'échauffement des matières à traiter jusqu'à la température où se produit la réaction voulue.

---

(1) Van Marum, vers la fin du siècle dernier avait déjà employé les décharges de la puissante machine du Musée Teyler, à Harlem, pour réduire les oxydes de plomb, de mercure, etc., en métal et en oxygène.

Un peu plus tard, Children essaya, sans succès, d'ailleurs, de soumettre à l'action du courant un mélange de l'oxyde à traiter avec une substance médiocrement conductrice. C'est un procédé analogue qu'emploient les frères Cowles, qui soumettent un mélange d'oxyde et de charbon à l'échauffement produit par le courant électrique (§ 15).

Un autre savant anglais, Grove, employait le courant électrique pour fondre des métaux. Ceux-ci étaient placés dans un creuset de charbon C (fig. 2) plongeant dans un bain de mercure H et recouvert par une plaque de charbon ; le mercure communiquait avec l'une des bornes de la batterie de piles et le couvercle du creuset avec l'autre. Le creuset et son couvercle se trouvaient bientôt portés à l'incandescence et c'est ce qui amenait la fusion du métal.

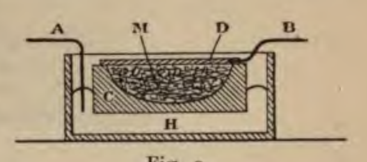


Fig. 2.
Four électrique de Grove.

Du reste, dans tous les cours de physique, on montrait l'extrême température de l'arc en faisant fondre du platine, de l'iridium, de l'osmium, etc., placés dans une petite coupe en charbon de cornue qui était reliée au pôle positif de la batterie.

12. *Four de Pichon.* — Le courant électrique engendré par les batteries de piles était d'un prix trop élevé pour qu'on put songer à l'appliquer industriellement à la fusion des métaux ou à des réactions importantes.

Cependant, en mars 1853, un brevet fut pris en France par M. Pichon pour un véritable four électrique qui peut être regardé comme le précurseur des fours actuels.

La figure 3 en représente l'aspect.

Un mélange du minerai et de charbon pulvérisés tombait continuellement entre les électrodes A placées à l'intérieur du four. Le métal fondu était recueilli dans un réservoir R chauffé à une température élevée de

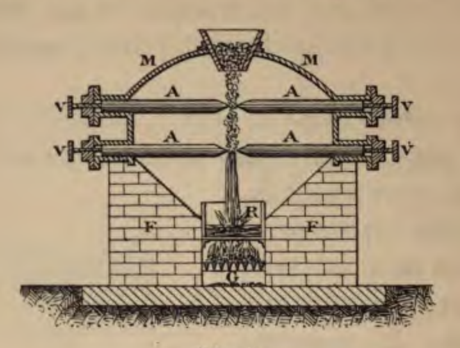


Fig. 3.
Four électrique de Pichon.

façon à maintenir celui-ci en fusion. Chaque électrode était pourvue d'une vis de réglage V.

13. ***Expériences de Despretz, de Joule et Thomson.***— M. Jacquelin était parvenu à transformer du diamant en graphite dans l'arc électrique. M. Despretz tenta l'expérience contraire : transformer du charbon en diamant. Son but principal était d'obtenir la fusion de corps réfractaires et du charbon. En combinant dans le même appareil l'arc électrique, le chalumeau oxy-hydrique et la chaleur solaire concentrée par une lentille, il parvint à volatiliser ou à fondre la plupart des corps. Il fit des expériences dans des gaz différents et sous des pressions variables ; si son attention avait été dirigée vers l'observation des réactions chimiques produites dans ces conditions, il aurait certainement fait d'intéressantes découvertes. Mais il ne se préoccupait que des phénomènes physiques.

Vers la même époque, les deux savants anglais, Joule et sir William Thomson, cherchèrent à réaliser un dispositif industriel pour l'application des effets calorifiques des courants dont Joule venait de fixer les lois. Ils employaient les effets d'échauffement des conducteurs et parlaient de l'emploi des machines pour engendrer le courant économiquement.

14. *Les fours électriques modernes. W. Siemens, Faure, Lontin.* — On voit par tout ce qui précède que les savants et les inventeurs se rendaient parfaitement compte des services que pouvaient rendre les effets calorifiques du courant ou de l'arc pour opérer la fusion des métaux ou opérer des réactions impossibles aux températures ordinaires.

Aussi, dès que les machines dynamos électriques furent devenues industrielles et permirent d'engendrer le courant électrique à un prix assez bas, les efforts des inventeurs se multiplièrent-ils ; ils furent bientôt couronnés de succès.

En 1874, M. Werdermann proposa d'employer la chaleur de l'arc à la fusion des roches ; cette idée ne fut pas réalisée.

Mais à partir de 1878, l'ère des applications industrielles s'ouvre franchement. Pendant cette année, presque simultanément, MM. W. Siemens, C.-A. Faure, Fox, Lontin et Bertin prirent des brevets pour des fours électriques.

Sir W. Siemens fit avec son four électrique de nombreuses expériences qui attirèrent l'attention sur ces procédés.

La figure 4 représente le four ou creuset électrique qu'il employait. Il réalisait en grand l'expérience classique que nous relations plus haut (§ 11). Le creuset en

charbon était encastré dans un bloc de matière réfractaire pour empêcher le rayonnement; il était relié au pôle positif et le charbon au pôle négatif; un couvercle percé d'un évent recouvrait le creuset. Enfin, la longueur de l'arc était réglée automatiquement par un électro-aimant en dérivation.

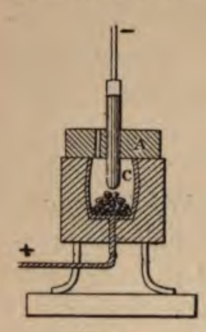


Fig. 4.
Fours électrique de Siemens (1879).

M. C. A. Faure avait en vue la réduction des métaux alcalins.

Le four de MM. Lontin et Bertin se composait d'une série d'électrodes disposées en cercle et venant buter contre un bloc de charbon au centre duquel étaient placées les matières à fondre. On pouvait obtenir ainsi de très hautes températures.

A partir de cette époque, le nombre de fours électriques proposés est devenu considérable. Nous n'avons pas l'intention d'en faire l'étude. Nous nous contenterons de décrire les principaux procédés, afin de donner une idée des applications industrielles des fours électriques. Cela nous facilitera l'étude des fours employés pour la fabrication du carbure de calcium.

15. ***Fours Cowles.*** — Les applications du four électrique ne sont réellement entrées dans la pratique industrielle qu'en 1885, époque à laquelle les frères Cowles, de Cleveland, aux États-Unis, l'appliquèrent à la fabrication des alliages d'aluminium.

Leur four électrique est basé sur l'échauffement des conducteurs par le passage du courant. Il se compose d'une garniture D en briques réfractaires que traversent les deux électrodes A A en charbon (fig. 5); à l'intérieur de cette maçonnerie on dispose une couche de charbon

de bois trempé dans l'eau de chaux et séché pour isoler les parois de la chaleur intense du foyer; au centre de cette brasque en charbon chaulé, entre les électrodes, on réserve un espace vide dans lequel on place un mélange B, de cuivre, de corindon et de charbon; on recouvre le tout de charbon chaulé et on place sur le four un couvercle C percé d'évents pour l'échappement des gaz produits par la réaction. Lorsque le courant passe, le noyau B s'échauffe; à une température assez élevée, le corindon est décomposé et l'aluminium ainsi libéré s'unit au cuivre pour former un alliage contenant 15, 30, 40 et même 50 pour 100 d'aluminium.

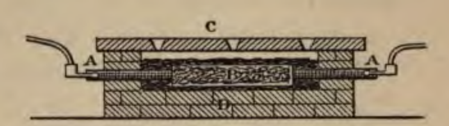


Fig. 5.
Four électrique de Cowles.

Ces procédés ont reçu plusieurs applications importantes, et des usines considérables ont été établies pour leur exploitation. Dans la pratique, les électrodes sont très rapprochées au début, afin que la résistance électrique ne soit pas trop considérable; on les écarte ensuite au fur et à mesure que l'opération s'avance, en se basant sur les indications de l'ampèremètre, l'intensité du courant devant rester à peu près constante. A l'usine de Milton, près Stoke (Angleterre), chaque électrode est constituée par 9 charbons de 65 mm. de diamètre; l'intensité du courant atteint 3 000 à 3 500 ampères. La charge d'un foyer se monte à 650 à 1 000 kg. L'opération dure environ une heure et demie.

Les résultats obtenus sont indépendants de la nature du courant qui peut être continu ou alternatif, ce qui prouve que l'électricité n'intervient que comme source de chaleur.

16. *Fours Héroult.* — Dans le procédé Héroult, on commence par verser dans le creuset en charbon *a* du cuivre en granules; on abaisse l'anode *e* au contact de ce cuivre et l'on fait passer le courant électrique; le métal fond. On verse alors en A de l'alumine qui se décompose; l'aluminium forme avec le cuivre un alliage qu'on recueille et l'oxygène se combine avec le charbon des électrodes pour former de l'oxyde de carbone; on commence par une faible charge, et on ajoute à mesure de l'aluminium et du cuivre; ce dernier doit être en quantité suffisante pour que le bronze d'aluminium soit assez dense pour rester au fond du creuset; le bain en fusion doit être recouvert d'une couche d'alumine assez épaisse pour éviter la mise en court circuit des électrodes qui se produirait si ce bain métallique montait au point de relier les parois du creuset avec l'anode *e*.

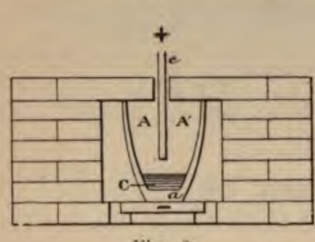


Fig. 6.
Four électrique Héroult.

La consommation de charbon des électrodes est assez élevée dans ce procédé; elle s'élève à 1,6 kg. de charbon par kilogramme d'aluminium produit, qui correspond à une dépense de 62,5 chevaux-heures électriques, soit à 25,6 kg. pour 1 000 chevaux-heures. Ces charbons reviennent à 0,35 le kg. à l'usine qui les fabrique elle-même.

17. *Fours Borchers.* — Le savant allemand Borchers a publié dans la première édition de son ouvrage sur l'électro-métallurgie, paru en 1891, la description du four électrique qu'il employait depuis plusieurs années déjà pour préparer des métaux rares en chauffant

électriquement les oxydes de ces métaux en présence du carbone. Le mélange à traiter était placé dans la cavité centrale A d'un massif en briques réfractaires B. Les électrodes en charbon CC traversaient les parois du four et aboutissaient dans la cavité centrale où elles étaient réunies par une tige mince en charbon *c*; cette dernière s'échauffait sous l'action du courant électrique et, sous l'influence de la haute température engendrée, les réactions se produisaient.

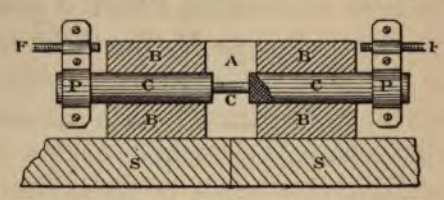


Fig. 7.
Four électrique Borchers.

Ce savant a fait de nombreuses recherches avec cet appareil et a résumé les résultats de ses travaux dans le livre cité plus haut; il concluait en disant que « tous les oxydes sont réductibles par le carbone chauffé électriquement ».

Il s'est basé sur cette déclaration pour affirmer que les brevets délivrés pour la fabrication du carbure de calcium d'après la méthode de M. Moissan n'étaient pas valables :

« Ce qui seul étonne, dit-il, c'est qu'on ait pu, en 1895, accorder en Allemagne, sous le nom de Bullier, un brevet pour la préparation des carbures alcalino-terreux, qui s'appuyait sur le fait, connu depuis 1891, de la réductibilité de tous les oxydes métalliques sous l'action du carbone chauffé électriquement, et sur celui connu depuis 1892, de la combinaison du calcium avec le carbone à des températures élevées, sous forme de carbure de calcium.

« Il est évident pour tout le monde que, suivant ce que j'ai publié en 1891, on peut former par la méthode électro-

thermique, des métaux carburés et des carbures métalliques avec des mélanges des oxydes métalliques en question et de charbon pulvérisé; on emploiera à cet effet, soit la disposition que j'ai décrite, soit un four Siemens, soit un autre four électrique quelconque. »

Cette opinion paraît peu soutenable. Ce qui semble évident aujourd'hui l'était si peu avant les travaux de M. Moissan, que M. Borchers lui-même ne songea pas à fabriquer du carbure de calcium, ou s'il en obtint accidentellement n'y prêta pas attention. La préparation du carbure de calcium de composition bien définie CaC^2, qui seul convient à la fabrication industrielle de l'acétylène, exige des conditions spéciales dont la découverte constitue bien une invention au même titre que celle du carborindon d'Acheson. On découvrira certainement, à l'aide du four électrique, plus d'un nouveau produit que les très intéressantes expériences de M. Borchers n'avaient pas fait prévoir.

Le four électrique employé par M. Acheson pour la préparation du carborindon est identique à celui de Borchers; seulement, la tige de charbon *c* est remplacée par une traînée cylindrique de coke concassé.

18. ***Fours Moissan.*** — M. Moissan a surtout cherché, en utilisant l'arc voltaïque, à obtenir les plus hautes températures possibles; il considère, dans cette application particulière, l'arc électrique comme une flamme ordinaire; il a donc été conduit à adopter pour ses fours une forme analogue à celle des fours à réverbère employés dans les laboratoires afin de concentrer la chaleur en un foyer restreint et à empêcher sa déperdition rapide; il a cherché à éviter, en même temps, que les réactions pussent être souillées par les produits de

la combustion des électrodes et que les effets d'électrolyse pussent intervenir.

Son premier four électrique était constitué simplement par deux briques bien dressées de chaux vive, appliquées l'une sur l'autre. La brique inférieure était creusée d'une rainure longitudinale qui recevait les deux électrodes (fig. 8), et au milieu se trouvait une petite cavité servant de creuset. Cette cavité, plus ou moins profonde, contenait une couche de quelques centimètres de la substance sur laquelle devait porter l'action calorifique de l'arc.

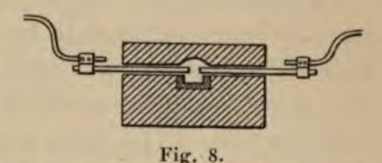


Fig. 8.
Premier four électrique de Moissan.

On pouvait aussi y installer un petit creuset de charbon renfermant la matière qui devait être calcinée. La brique supérieure était creusée également de deux rainures pour les électrodes et d'une petite cavité centrale en forme de dôme. On pouvait ainsi concentrer toute la chaleur engendrée sur les substances à traiter. La chaux est si peu conductrice de la chaleur qu'on peut poser la main sur le couvercle d'un four en pleine activité sans sentir d'impression de chaleur, bien que la température intérieure soit de plus de 3 500° C et que l'épaisseur des parois soit de quelques centimètres seulement. Le refroidissement est donc nul. M. Moissan attribue en partie les résultats qu'il a obtenus à cette particularité; ses devanciers employaient, en effet, pour leurs fours le charbon et la magnésie, trop conductrice, en sorte que le refroidissement empêchait d'atteindre la température maxima. De plus, dans les fours Moissan, les charbons se trouvant à plusieurs centimètres au-dessus de la sole du creuset, l'action électrolytique et l'introduction des matières étrangères se trouvaient empê-

chées. Les charbons étaient aussi purs que possible.

On peut employer au lieu de chaux qu'il est difficile d'obtenir en blocs suffisamment grands, de la pierre de Courson, déjà employée par H. Sainte-Claire Deville et Debray pour la fusion du platine au chalumeau oxyhydrique, sa conductibilité calorifique étant comparable à celle de la chaux.

La chaux offre l'inconvénient de fondre et de former des carbures lorsque la température est suffisamment élevée. La magnésie ne forme pas de carbures ; M. Moissan a donc été conduit à constituer le creuset de ses fours en charbon isolé de la chaux par une couche de magnésie. La figure 9 représente un four de ce genre dans lequel l'enveloppe extérieure est toujours en chaux vive ou en pierre de Courson et dont le creuset est garni de couches alternatives de magnésie et de charbon ; la première est en contact avec la chaux et l'intérieur du creuset est en charbon.

Enfin, dans un autre modèle, un tube traverse les parois du four dans un plan perpendiculaire à celui qui contient les électrodes (fig. 9) ; ce tube sert au dégagement des gaz produits par les réactions, afin que ceux-ci ne puissent agir sur les produits obtenus. Ce modèle de four peut être facilement transformé en four continu. Il suffit pour cela d'incliner le tube à 30° ; on introduit les matières à traiter à la partie supérieure, et le produit en fusion s'écoule par l'extrémité inférieure.

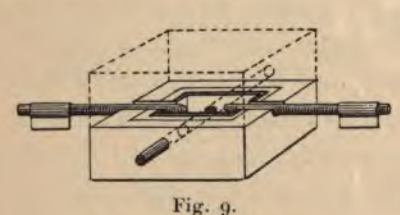


Fig. 9.
Four continu de Moissan.

Dans tous ces fours, les électrodes sont mobiles pour permettre le réglage électrique.

La température augmente avec l'intensité du courant employé; en effet, si, à l'air libre, on soumet à l'action du four électrique un mélange d'acide titanique et de carbone, il se forme d'abord du protoxyde de titane; si on augmente l'intensité du courant, on obtient de l'azoture de titane; enfin, en augmentant encore l'intensité, il se forme du carbure de titane.

Les dimensions des fours et des électrodes doivent, bien entendu, être d'autant plus grandes que l'intensité du courant et partant la température sont plus élevées. Dans ses premières expériences, M. Moissan employait un courant de 30 ampères et 55 volts; il estime que la température atteinte était de 2 250° C environ; plus tard, dans une station centrale d'éclairage électrique, il put disposer d'un courant de 100 ampères et 45 volts; enfin, au Conservatoire des Arts et Métiers, il utilisa un courant de 450 ampères sous 70 volts; la température atteignait 3 000° à 3 500° C.

L'emploi de ces appareils lui a permis d'obtenir le diamant et le rubis artificiel, de fondre ou de volatiliser tous les corps réputés jusque-là réfractaires, de faire cristalliser les oxydes, d'obtenir à l'état de pureté de grandes quantités de métaux rares.

« Les composés les plus stables de la chimie minérale, dit-il, disparaissent dans le four électrique, soit par dissociation, soit par volatilisation. Il ne reste plus, pour résister à ces hautes températures, qu'une série de composés nouveaux parfaitement cristallisés, d'une stabilité exceptionnelle, les borures, les siliciures et surtout les carbures métalliques.

19. *Fours Bullier.* — M. Bullier s'est surtout occupé de simplifier la main-d'œuvre.

Les figures 10 et 11 représentent en coupe verticale et

en plan une série de fours dont le fond ou sole est horizontal et mobile. Les murs *a* sont formés de briques réfractaires. La sole *b* est en métal ou en charbon; elle est articulée autour du point *c* et est maintenue en place,

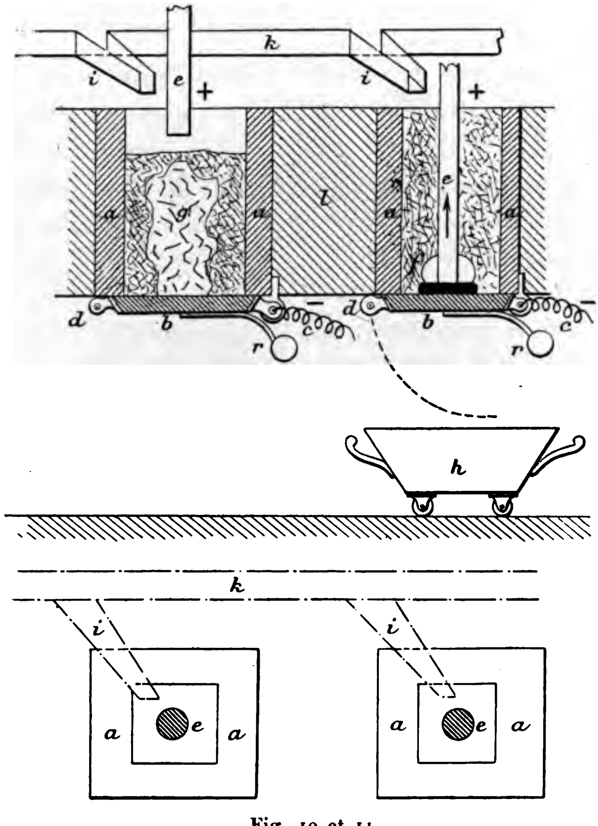


Fig. 10 et 11.
Fours Bullier à sole mobile.

pendant la réaction, par un contrepoids *r* et par une fermeture *d*; elle est reliée au pôle négatif de la source d'électricité et constitue une des électrodes de l'appareil.

Le charbon *e*, qui est relié au pôle positif de la dynamo,

forme la seconde électrode; il plonge dans le mélange de chaux et de charbon.

Au fur et à mesure que la réaction s'opère, il se produit autour du charbon une cavité *f* au fond de laquelle se dépose le carbure fondu ; on relève peu à peu le charbon et la masse de carbure augmente progressivement de volume. A la fin de l'opération, on rompt le circuit

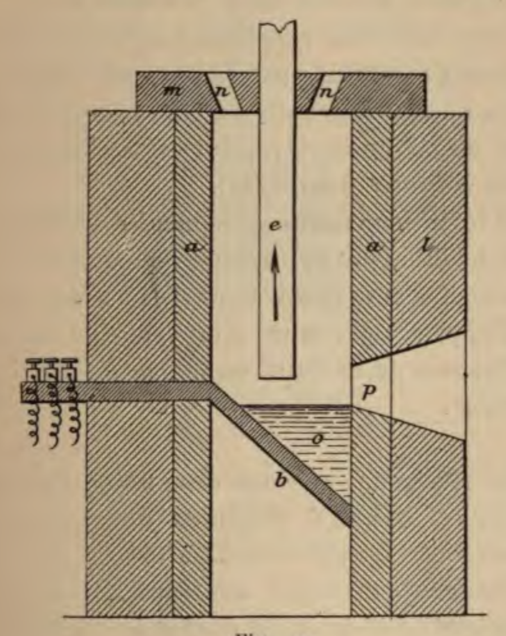


Fig. 12.
Four Bullier à sole inclinée.

électrique, et le four contient un bloc G de carbure de calcium. En faisant alors basculer le fond *b*, ce bloc, ainsi que la matière qui n'est pas entrée en réaction, tombent dans un wagonnet *h* qui sert à les transporter dans un tamis où la séparation du carbure et de la matière non traitée a lieu.

Chaque four peut être alimenté du mélange de coke et

de chaux par un conduit mobile *i*, branché sur un collecteur *k*. Dès qu'on a vidé le four, il suffit de refermer le fond, de descendre le charbon, de charger à nouveau et de commencer une nouvelle opération. Les parois du four n'ont donc pas le temps de se refroidir. En outre, l'espace *l* entre les fours est rempli par une matière peu conductrice de la chaleur, telle que la magnésie pulvérisée, de la chaux, du carbonate de chaux, etc.

Dans le type de four représenté figure 12, les murs sont également constitués par des briques en magnésie, en chaux ou en carbonate de chaux, et sont munis d'un revêtement en même matière, qui est maintenu par une armature en briques et en métal.

La partie inférieure forme une chambre O dans laquelle on place préalablement du carbure de calcium sur lequel on amène le charbon C au contact, lors de la mise en marche. L'appareil est muni d'un trou de coulé *p* qui permet d'évacuer le carbure fondu, et d'orifices *n* pour le chargement.

20. *Fours Willson*. — Ainsi que nous l'avons déjà dit, Willson cherchait à produire des métaux rares et principalement de l'aluminium. Son procédé se rapprochait beaucoup de celui d'Héroult. Il disposait au fond du creuset relié au pôle positif de la dynamo des morceaux de cuivre surmontés d'une couche d'alumine; il amenait la cathode au contact du cuivre qui fondait, puis il la retirait un peu pour faire jaillir l'arc électrique. Seulement, pour éviter l'usure rapide de l'électrode et du creuset en charbon, il injectait dans le four un gaz réducteur, comme l'avaient déjà proposé Siemens, Gerrish et Farmer, et pendant la réaction il introduisait du charbon en poudre qui se combinait avec l'oxygène de l'alumine; en outre, l'excès de charbon

empêchait la fusion et l'ébullition qui causent des variations d'intensité nuisibles au matériel électrique. Il ne tarda pas à abandonner l'injection des gaz réducteurs et il adopta le four que représente la figure 13; ce four ne

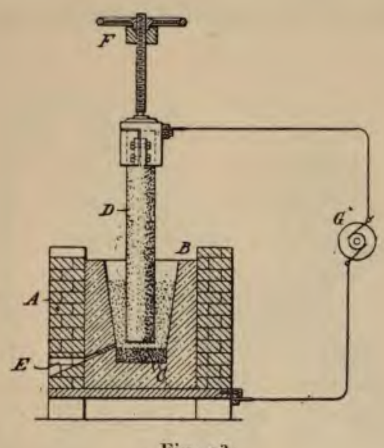


Fig. 13.
Four Willson.

présente rien de particulier et son fonctionnement se comprend à première vue. C'est avec ce four que Willson a fabriqué du carbure de calcium.

21. ***Four de l'usine de Spray.*** — Ce four est identique, en principe, à celui de Willson; seulement il est complètement fermé afin d'éviter que les électrodes puissent se brûler au contact de l'oxygène de l'air; l'oxyde de carbone produit pendant la réaction s'échappe, par les carneaux *m*, dans la cheminée. L'électrode inférieure est formée d'une plaque de fer *a* sur laquelle on dispose une couche de charbon de 20 cm d'épaisseur, formée soit avec les débris des électrodes supérieures, soit avec un mélange de coke et de goudron; l'électrode supérieure

est formée de 6 crayons de charbons *e*, ayant chacun 10 × 10 cm de section droite et 91,4 cm de hauteur ; il sont enfermés dans une gaine en fer *e* qui les protège. La sole du four a 76 × 91,5 cm de surface intérieure ; le courant est amené à chaque électrode par 16 câbles *c* et *d*, de 19 mm de diamètre chacun. Le charbon est élevé au fur

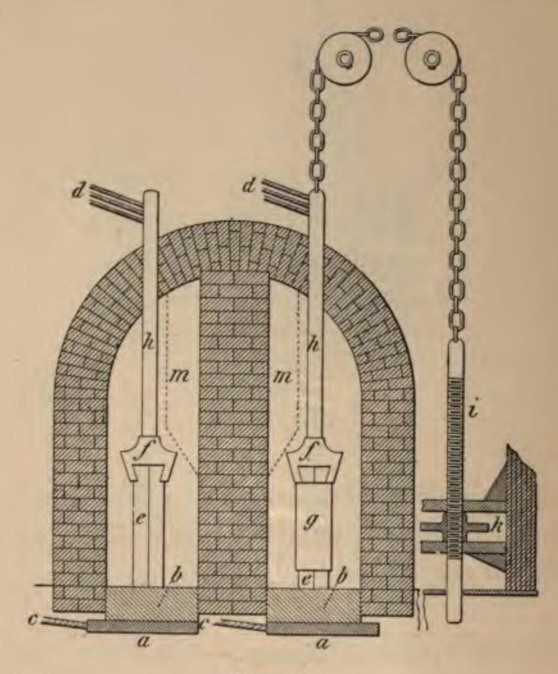


Fig. 14.
Four Willson de l'usine de Spray.

et à mesure que le carbure de calcium est formé, par une chaîne entraînée par la vis *i* et le volant fileté *k* ; ceux-ci servent également à régler l'arc d'après les indications de l'ampèremètre et du voltmètre. Il est nécessaire de laisser refroidir le four avant de le vider, ce qui est peu économique.

22. *Four King.* — Ce four a été inventé par MM. Morehead, de Chalmot et King, et est employé aux usines Willson, à Niagara. Il ne diffère du précédent que par des détails de construction.

Le creuset est placé dans un chariot *a* mobile sur une voie ferrée *h*, ce qui permet de retirer le carbure formé

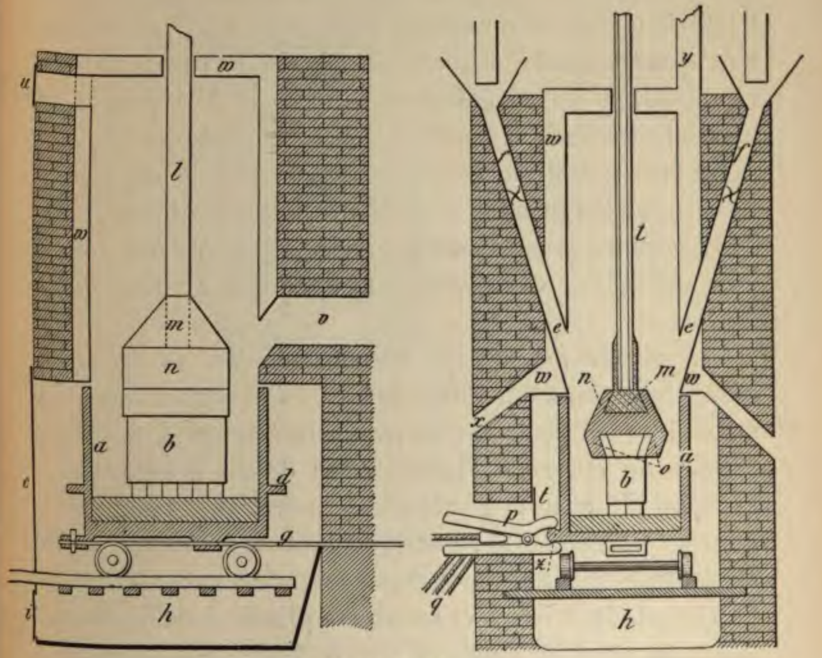


Fig. 15 et 16.
Four King, des usines de Niagara.

aussitôt après que le courant électrique a été interrompu et de le laisser refroidir à l'air libre ; en le remplaçant immédiatement par un autre chariot, on peut obtenir un fonctionnement presque continu du four, ce qui est plus économique.

Le four est fermé par une porte en fer *c* qui n'est ouverte que pour le passage des chariots. Une ouverture

supérieure *u* laisse dégager le mélange d'oxyde de carbone et d'air dans les premiers moments de la réaction; dès que l'oxyde de carbone se dégage seul, on ferme cette fenêtre et les gaz sont évacués par les carneaux *v* dans la cheminée.

Le chariot reçoit un mouvement continu de va-et-vient au moyen d'une tige *g* manœuvrée automatiquement de l'extérieur; ce mouvement régularise l'action de l'arc sur le mélange de chaux et de charbon et empêche que ce mélange ne s'agglomère le long des parois du creuset; on obtient ainsi un meilleur rendement.

Le four est alimenté automatiquement de matières à traiter par les trémies à conduits *e*, qui sont munies de distributeurs formés par une roue à augets *f* qui tourne plus ou moins vite suivant la quantité de mélange à fournir.

L'électrode supérieure est formée de 12 charbons enveloppés dans une chemise en fer *b* et suspendus à des mâchoires *mn* placées à la partie inférieure d'une tige *l* formée de cuivre à l'intérieur et de fer à l'extérieur; l'emploi de ces deux métaux a pour but d'assurer une bonne conductibilité électrique tout en évitant la fusion de la tige qui supporte tout le poids assez élevé de l'électrode inférieure et se trouve placée dans le courant des gaz chauds dégagés par le four. D'ailleurs, une enveloppe *w*, parcourue par un courant d'air froid entrant en *x* et sortant en *y*, abaisse la température de la partie supérieure du four.

23. ***Four Gearing***. — Cet inventeur a eu en vue d'actionner plus uniformément les matières à traiter et de régulariser l'usure des charbons. Pour cela, une fois l'arc amorcé, le charbon (fig. 17) reçoit automatiquement de la vis sans fin 4 et de son pignon 5, un mouvement

de rotation autour de l'axe du four. La trémie de chargement 7 est solidaire du porte-charbon et verse constamment la matière à traiter devant le charbon.

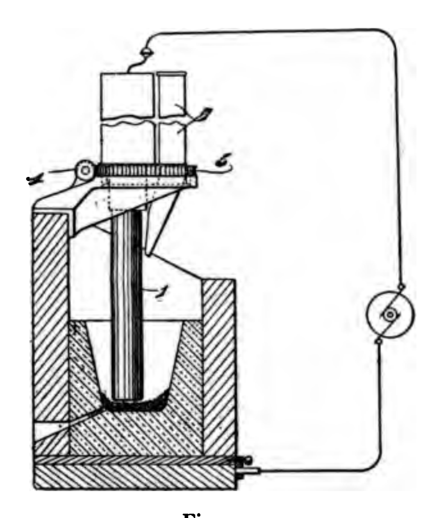


Fig. 17.
Four Gearing, à charbon tournant (1895).

24. ***Four Vincent.*** — Le four de M. J. A. Vincent, de Philadelphie, est disposé pour un fonctionnement continu. Il est bien étudié. La figure 18 en représente l'aspect.

A est un canal horizontal muni, en B, d'une armature de charbon qui est fixe et joue le rôle d'une des électrodes de l'arc électrique.

C est une ouverture verticale communiquant avec ce canal ; elle sert à l'introduction de la seconde électrode D, qui est formée de blocs rectangulaires en charbon, tenus par une armature en métal T qui est élevée ou abaissée par une tige E, une corde F et un treuil G, afin de maintenir à peu près constante la distance entre B et D.

Un solénoïde H en série avec les électrodes attire plus ou moins son noyau en fer I, suivant que l'écartement des charbons B et D est plus ou moins grand et maintient ainsi cet écartement d'une façon automatique.

L'ouverture C doit être autant que possible fermée complètement par l'armature T afin qu'il n'entre pas d'air dans le four, ce qui aurait pour conséquence d'entraîner une consommation inutile de charbon.

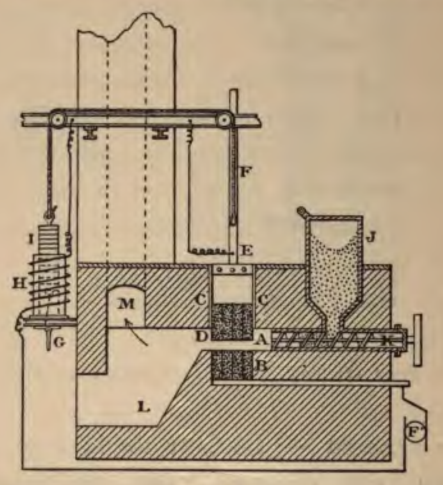


Fig. 18.
Four électrique continu de Vincent (1895).

Le mélange de chaux et de charbon finement pulvérisés est placé dans la trémie fermée J ; il est amené dans l'arc électrique par une vis d'Archimède K.

Le produit traité est recueilli en L.

Une cheminée M sert à l'évacuation des produits gazeux de la fonte.

25. ***Four King et Wyatt.*** — Ces inventeurs ont remarqué que la conductibilité calorifique du mélange de chaux et de charbon est assez faible pour que, au

point de vue industriel, la chaleur perdue par rayonnement soit négligée. Ils en ont profité pour supprimer complètement les parois extérieures du four; ils forment simplement un tas du mélange à convertir, au milieu duquel ils placent une résistance formée par une tige mince de charbon, comme dans le four Borchers ; cette tige est placée entre les électrodes de charbon. Il faut avoir soin que toutes les parties de l'appareil susceptibles de brûler soient complètement recouvertes du mélange de chaux et de charbon afin de les isoler de l'oxygène de l'air. Lorsque le carbure de calcium est formé, on retire les électrodes, et lorsque le bloc est refroidi, on le saisit entre des pinces mobiles sur un pilier voisin, et qui servent à le déposer sur un chariot de transport. Ce dispositif aurait, paraît-il, été essayé pratiquement et aurait donné de bons résultats ; il permettrait de s'affranchir des frais assez élevés qu'entraîne la réparation des fours ordinaires.

26. ***Four Regnoli.*** — M. Regnoli, en collaboration avec MM. Lori, Pignotti, Pantaleoni et Besso, a tenté de remédier aux défauts de la plupart des fours actuels en utilisant une partie de la chaleur perdue et en rendant l'action du four continue.

L'oxyde de carbone qui se dégage du four est recueilli dans une chambre F (fig. 19), d'où il s'échappe, par un tuyau I, dans un gazomètre ; il est ensuite brûlé en MM pour échauffer le mélange à traiter placé dans la trémie L. Une vis d'Archimède N, entraîne ce mélange automatiquement vers le conduit O d'alimentation du four. Lorsqu'une quantité suffisante de carbure en fusion est formée, on ouvre le trou de coulée C, par le levier A, et le carbure tombe dans un chariot S placé dans une galerie inférieure R. Le creuset AB est en charbon; la

sole B est mobile afin de faciliter les réparations. Enfin, le creuset est entouré d'une chambre à air E dans laquelle sont placées les résistances servant à régler

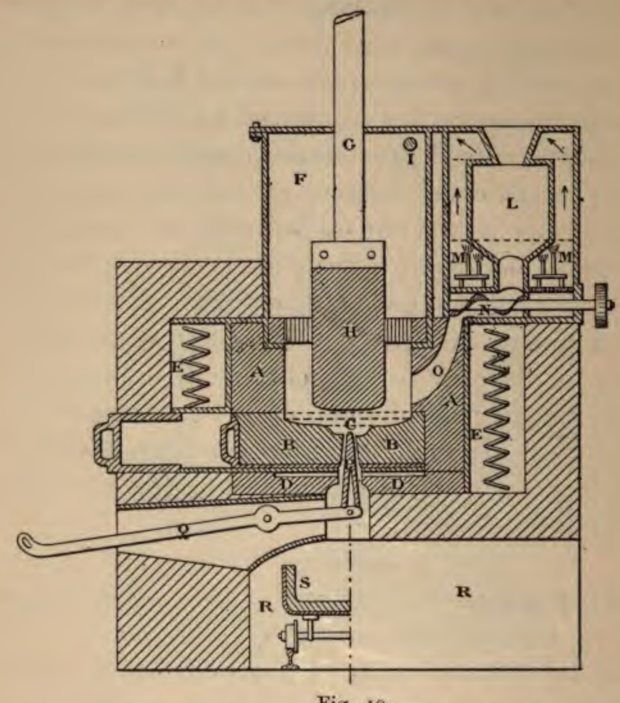


Fig. 19.
Four continu à récupération de Regnoli.

l'intensité du courant, ce qui permet d'utiliser en partie l'énergie dissipée dans ces résistances.

27. ***Four Pictet.***—En 1889, Crompton avait proposé(1) de chauffer les matières à traiter par les procédés ordinaires, avant de les soumettre au four électrique, afin de réduire la dépense de courant.

M. Raoul Pictet a repris la même idée et a imaginé le four suivant : l'arc est à la partie inférieure du four;

(1) *La Lumière Électrique*, 30 novembre 1889, p. 429.

ses charbons sont horizontaux. Le mélange de chaux et de charbon est enfourné dans la partie supérieure. Il est échauffé en trois zones à des températures de plus en plus élevées; vers le haut, on commence par insuffler,

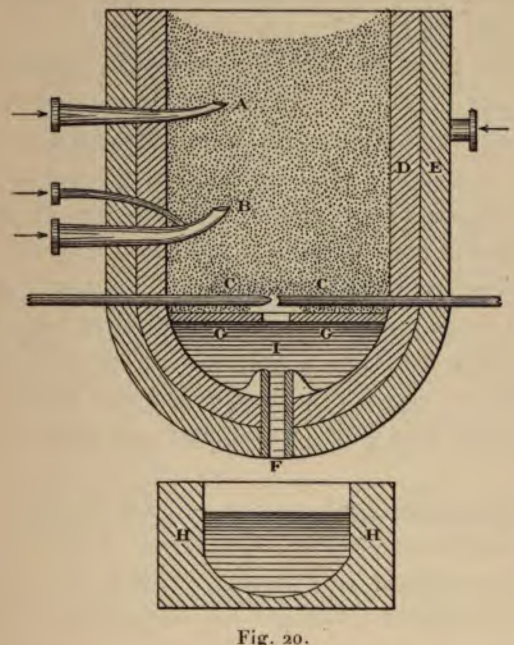


Fig. 20.
Four Pictet.

en A, un fort courant d'air qui brûle une partie du charbon et échaufferait, d'après l'inventeur, la masse à une température d'environ 2 000° C; en B, on dispose un chalumeau oxyhydrique qui porte le mélange à 2300° ou 2400°. L'arc n'a donc plus qu'à fournir la chaleur nécessaire pour effectuer les réactions.

Le carbure en fusion qui se forme s'écoule dans le compartiment inférieur du four, séparé du mélange par une cloison réfractaire GG percée en son centre, au-dessous de l'arc, d'une ouverture; un trou de coulée F

permet de recueillir en H le carbure fondu, au fur et à mesure de sa formation. Un ringard sert à maintenir ce trou de coulée constamment libre. Par suite de la forme de l'ajutage supérieur du trou de coulée, le carbure s'accumule dans la chambre I, et se refroidissant sur les parois du four, les protège.

Il semble bien difficile d'obtenir du carbure suffisamment pur avec ce four. En effet, le mélange se chargera de cendres provenant de la combustion du charbon; le charbon brûlant tandis que la chaux reste intacte, le mélange cessera d'être intime, bien que ses proportions finales puissent être convenables si l'on a mis un excès de charbon au moment du chargement; enfin, le poids de la colonne de matière à traiter provoquant l'écoulement de ce mélange au foyer électrique, il est probable que cet écoulement ne se fera pas d'une façon suffisamment régulière pour que tout le mélange soit converti.

28. ***Considérations générales.*** — Le facteur le plus important de la dépense entraînée par la fabrication du carbure de calcium est, après le prix de la matière première, le coût de l'énergie électrique. Les efforts des inventeurs doivent donc se porter vers les perfectionnements des fours électriques. Aucun de ceux qui ont été proposés ou employés jusqu'ici ne sont satisfaisants au point de vue économique.

Les inventeurs semblent avoir simplement agrandi les appareils de laboratoire sans chercher à utiliser rationnellement ni l'énergie électrique ni l'énergie calorifique. On traite le mélange de chaux et de charbon par grandes quantités à la fois, ce qui entraîne une dépense considérable de chaleur, pour maintenir en fusion pendant plusieurs heures le carbure formé; il faut, dans beaucoup de fours, attendre que le carbure

soit refroidi avant de commencer une nouvelle opération, ce qui entraîne encore une perte de chaleur; au lieu d'utiliser la chaleur qui se dégage du four en marche pour échauffer le mélange à traiter, on laisse perdre cette chaleur et on introduit le mélange froid dans les fours. D'autre part, la résistance électrique est augmentée par l'interposition de cette couche épaisse de chaux et de carbure fondu. D'après les expériences de MM. Morehead et de Chalmot sur les fours employés à Spray, la chute de potentiel dans le carbure en fusion à l'intérieur du four était de 6 volts pour chaque pied de hauteur, soit 0,2 volt par centimètre; l'intensité du courant était, dans ces expériences, de 2000 ampères; on voit que chaque centimètre d'épaisseur de la couche de carbure fondu représente une perte de 400 watts, plus d'un demi-cheval. La perte d'énergie électrique dans le charbon servant d'électrodes est aussi très considérable. D'après les mêmes auteurs, elle atteindrait les valeurs suivantes :

Dates.	Durée des expériences en heures.	Volts.	Ampères.	Perte de voltage dans les charbons.	Perte d'énergie dans les charbons en watts.
27 juin. .	2,50	100	1 700	7 °/₀	11 900
2 juillet.	3,00	»	1 666	8	13 328
1 —	2,25	»	1 700	10	17 000
24 juin. .	3,20	»	1 600	7	11 200
28 —	2,50	»	1 700	10	17 000
18 juillet.	3,00	65	2 400	5	8 500
19 —	3,00	»	1 900	5	6 175
5 —	3,75	»	2 000	5	8 500
9 —	4,50	»	2 000	5	8 500
10 août. .	6,00	»	1 800	8	9 360
13 —	6,00	»	1 800	8	9 360
31 juillet.	7,00	75	1 800	8,5	11 475

Les perfectionnements que l'on pourrait apporter aux fours électriques actuels sont donc considérables.

Une des plus grandes difficultés qu'on rencontre dans la construction des fours électriques réside dans le choix des matériaux; la plupart des briques, pierres, etc., qu'on peut employer, fondent dans le voisinage de l'arc.

CHAPITRE III

Le carbure de calcium. — Propriétés. Fabrication.

29. ***Préparation du carbure de calcium***. — La préparation du carbure de calcium repose sur l'emploi des hautes températures. On sait l'influence considérable de la température sur les réactions chimiques. C'est ainsi que dans l'atmosphère solaire dont la température dépasse de beaucoup celles que nous pouvons obtenir dans nos laboratoires, les corps qui présentent ici-bas le plus d'affinité les uns pour les autres existent en présence à l'état libre : hydrogène et oxygène, oxygène et métaux, carbone, etc., s'élèvent en nuages de vapeurs incandescentes et sont nettement séparés, comme l'indique l'analyse spectrale. La température est trop élevée pour que les réactions chimiques puissent s'opérer. De même, ainsi que l'ont montré les expériences de MM. Mareska et Donny (1), et plus récemment de M. Raoul Pictet, lorsque la température s'abaisse suffisamment, les réactions chimiques cessent de se produire. Il y a pour chaque réaction particulière une température où les

(1) *Mémoires des Savants étrangers*, t. XVIII (1845), p. 30.

phénomènes que nous sommes habitués à observer cessent de se réaliser. C'est ce qu'on appelle la *température critique*. Elle est différente pour chaque réaction.

Les températures les plus élevées que nous puissions produire sont obtenues dans le four électrique; on estime à 3500° ou 3800° les températures ainsi produites. On obtient alors des combinaisons stables du carbone avec différents métaux; ce sont les carbures.

L'or, le bismuth et l'étain ne dissolvent pas le carbone dans le four électrique. Le cuivre, l'argent, les métaux du platine, dissolvent du carbone et l'abandonnent en tout ou en partie par refroidissement, et ne forment pas de carbures définis et cristallisés. Par contre, un grand nombre de métaux, forment des carbures définis et cristallisés : tels sont le potassium, le sodium, le lithium, le calcium, le baryum, le strontium, l'aluminium, le glucinium, les métaux de la cérite, le lanthane, l'yttrium, le thorium, le manganèse, l'uranium; tous ces carbures sont décomposables par l'eau à la température ordinaire, avec production d'hydrogènes carbonés, gazeux, liquides ou solides. D'autres métaux donnent des carbures ne décomposant pas l'eau à la température ordinaire : le molybdène, le tungstène, le chrome. Le carbure de silicium, connu sous le nom de carborundum ou carborindon, le carbure de zirconium, le carbure de vanadium, ont été également produits dans le four électrique.

La plupart de ces corps ont été obtenus pour la première fois par M. Moissan (1). « Un fait général se dégage des nombreuses recherches que j'ai entreprises au four électrique, ajoute ce savant : les composés qui se produisent à haute température sont toujours de formule

(1) *Comptes rendus*, 22 juin 1896.

très simple et, le plus souvent, il n'existe qu'une seule combinaison. »

Les carbures de lithium, de calcium, de baryum et de strontium, produisent, en se décomposant par l'eau, de l'acétylène pur; le premier de ces corps dégage 587 litres d'acétylène par kilogramme. Le carbure de calcium en dégage moins, mais la possibilité de l'obtenir à un prix assez bas pour permettre des applications industrielles l'a fait adopter dans la pratique. C'est le seul dont nous nous occuperons ici.

Pour le préparer, on soumet à la haute température du four électrique un mélange de chaux vive et de charbon; la chaux entre en fusion et se volatilise; le calcium métallique s'unit au carbone pour former le carbure de calcium, tandis que l'oxygène de la chaux se combine avec une autre partie du charbon pour former de l'oxyde de carbone qui se dégage et peut être brûlé. Les réactions sont représentées par les formules suivantes :

$$CaO + C^3 = CaC^2 + CO$$

CaO	C³	CaC²	CO
Chaux.	Carbone.	Carbure de calcium.	Oxyde de carbone.
87,5	56,25	100	43,75

$$CaC^2 = Ca + C$$

CaC²	Ca	C
Carbure de calcium.	Calcium.	Carbone.
100	62,5	37,5

$$CO = C + O$$

CO	C	O
Oxyde de carbone.	Carbone.	Oxygène.
43,75	18,75	25

En d'autres termes, pour obtenir 100 parties en poids de carbure de calcium, il faut théoriquement employer

87,5 parties de chaux et 56,25 parties de carbone. Le carbure formé contient 62,5 parties de calcium et 37,5 parties de carbone, tandis que les 18,75 autres parties de carbone sont unies aux 25 parties d'oxygène provenant de la chaux, pour former 43,75 parties d'oxyde de carbone.

Dans la pratique industrielle, comme les produits employés ne sont pas chimiquement purs et que d'un autre côté il est impossible d'empêcher la combustion d'une certaine portion du charbon par l'oxygène de l'air, on doit, pour obtenir 100 parties de carbure de calcium, employer plus de chaux et plus de charbon que ne l'indique la théorie.

D'après M. de Forcrand, la formation du carbure de calcium est endothermique; en partant du carbone amorphe, elle absorberait 0,65 calories.

30. ***Énergie nécessaire à la préparation du carbure de calcium.*** — Une des premières questions qui se posent à l'esprit quand on s'occupe de la fabrication du carbure de calcium est la suivante :

Quelle somme d'énergie électrique faut-il dépenser dans le four électrique pour obtenir un poids déterminé de carbure de calcium?

En effet, le courant électrique coûte cher, et s'il en fallait dépenser une très grande quantité pour fabriquer le carbure, celui-ci devrait être vendu trop cher pour que ses applications industrielles puissent recevoir un développement important.

Les chiffres les plus contradictoires ont été publiés sur cet important sujet, et ce n'est que depuis peu que la vérité est admise.

Dans ses expériences, M. Moissan (1) avait dépensé

(1) *Comptes rendus*, 5 mars 1894.

350 ampères sous 70 volts, pendant 15 à 20 minutes pour obtenir 150 grammes de carbure; il aurait donc fallu, d'après ces résultats, dépenser 40 kilowatts-heures pour obtenir un kilogramme de carbure de calcium. Ces chiffres ne peuvent être pris comme base, car M. Moissan opérait sur de petites quantités à la fois, et son four n'était qu'un appareil de laboratoire; il ne pouvait donc obtenir un bon rendement.

Willson déclarait que la pratique lui avait permis d'obtenir 20 livres anglaises (9 kilogrammes) de carbure pour une dépense d'un cheval électrique pendant 24 heures. Il espérait qu'en isolant convenablement le four par un corps non-conducteur de la chaleur et qu'en utilisant la chaleur perdue, il pouvait obtenir un rendement moitié plus élevé, soit 13,5 kg par cheval et par jour. Il se basait sur ces données pour établir un prix de revient du carbure de calcium très bas, ce qui ne contribua pas peu à la faveur avec laquelle sa communication fut accueillie.

Toutefois, ces chiffres provenaient d'un ingénieur qui, à plusieurs reprises, avait fait preuve de plus d'enthousiasme que de justesse dans ses calculs. Il convenait donc de chercher à établir autrement la dépense d'énergie nécessaire. Un calcul théorique très simple permet d'y parvenir. Il a été fait pour la première fois, croyons-nous, par M. F. Bredel (1) et souvent reproduit depuis.

La formule qui représente les réactions dans le four électrique étant

$$CaO + 3C = CaC^2 + CO,$$

(1) *American Gas Light Journal*, 25 février 1895.

l'énergie nécessaire pour effectuer ces réductions, c'est-à-dire

$$87{,}5\ \mathrm{Ca\,O} + 56{,}25\ \mathrm{C} = 100\ \mathrm{CaC^2} + 43{,}75\,\mathrm{CO},$$

se composera de :

1° La quantité de chaleur nécessaire pour échauffer les deux tiers du charbon à la température de l'arc, soit à environ 3000° C; on admettra pour ce calcul que la chaleur spécifique du coke est de 0,46 ;

2° La quantité de chaleur nécessaire pour effectuer la réduction de la chaux en calcium et en oxygène ;

3° La quantité de chaleur nécessaire pour former la combinaison du carbone et du calcium. Cette quantité étant très faible (§ 29), M. Bredel la néglige.

Il faudra déduire la chaleur dégagée par la combustion d'un tiers du charbon, qui forme de l'oxyde de carbone avec l'oxygène de la chaux.

Le calcul s'établira donc ainsi :

Chaleur absorbée par l'échauffement de 37,5 gr de charbon : 37,5 × 3000 × 0,46 = ...	51,75 cal.
Réduction de 87,5 gr de CaO, en 62,5 gr Ca et 25 gr O.	206,25 —
Total.	258, —
A déduire :	
Chaleur produite par la combustion de 18,75 gr de C en 43,75 gr CO..	44,68 —
Total.	213,32 —

Pour obtenir 1 kilogramme de carbure de calcium, il faudra donc dépenser 2 133,2 calories.

C'est la valeur théorique. En pratique, il se produira des pertes de chaleur par radiation ; il faut de ce chef augmenter le chiffre précédent d'environ 15 pour 100, ce qui portera à 2 453,18 calories la quantité totale de chaleur à fournir.

D'un autre côté, le four électrique n'est pas un appareil absolument parfait; il entraîne quelques pertes. Admettons que son rendement soit de 80 pour 100.

Un cheval-heure électrique représente 637 calories; on utilisera donc dans le four électrique $637 \times 0{,}8 = 510$ calories par cheval-heure électrique.

Pour produire 1 kilogramme de carbure de calcium, il faudra donc

$$\frac{2453{,}18}{510} = 4{,}8 \text{ chevaux-heures électriques.}$$

Soit environ 5 chevaux-heures électriques ou 3,68 kilowatts-heures.

Voyons comment ce résultat s'accorde avec les chiffres recueillis dans la pratique industrielle.

M. Bullier a déclaré (1) qu'il n'avait jamais pu obtenir plus de 6 kilogrammes de carbure avec une dépense de 1 cheval pendant 24 heures et qu'il comptait en moyenne sur un rendement de 4 kilogrammes de carbure par cheval et par jour; ce chiffre concorde parfaitement avec celui que nous venons d'établir. Aux usines de Froges, on n'obtient que 2 kilogrammes de carbure pour la même dépense d'énergie, mais les conditions nécessaires à un bon rendement ne sont pas réalisées.

Enfin, à Spray, d'après les chiffres publiés dans un rapport de MM. Houston et Kennelly, on recueillit, dans une première expérience, 102,7 kg de carbure pour une dépense de 579,2 chevaux-heures électriques fournis au four; c'est une dépense de 5, 6 chevaux par kilogramme de carbure. Dans une seconde expérience, on dépensa 520,7 chevaux-heures pour obtenir 87,5 kg de carbure débarrassé de ses scories, soit environ 6 chevaux par kilogramme.

---

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. VII, 4 avril 1896, p. 6.

Ces chiffres pourraient évidemment être diminués si les appareils étaient plus perfectionnés; la puissance calculée de 5 chevaux par kilogramme de carbure peut donc être admise comme représentant la dépense moyenne actuelle d'énergie électrique nécessaire pour obtenir 1 kilogramme de carbure de calcium.

FABRICATION INDUSTRIELLE

La fabrication industrielle du carbure de calcium a été entreprise en France par les usines de Froges et par M. Bullier, à Vallorbes et à Bellegarde-sur-Valserine; en Suisse, par les usines de Neuhausen ; en Allemagne, à Bitterfeld; en Amérique, par Willson, à Spray et à Niagara. Il existe de grands écarts dans l'aspect physique et les qualités chimiques des carbures suivant leur provenance. Le carbure fabriqué par M. Bullier est très dur et sa cassure, nettement cristalline, offre des reflets mordorés ; la texture du carbure de Neuhausen est plus fine, quoique bien cristalline ; ce carbure est moins dur que le précédent ; le carbure de Froges est plus friable et présente une texture beaucoup plus grenue. D'un autre côté, le volume de gaz dégagé par un même poids de carbure et la pureté de l'acétylène engendré dépendent de la qualité du carbure employé.

Dans une installation importante, on peut employer des procédés particuliers d'épuration du gaz ; mais dans la plupart des applications prévues à l'heure actuelle, c'est-à-dire pour des petites usines privées alimentant quelques becs seulement dans le local où est monté le gazogène, la plus grande simplicité des appareils est de rigueur et l'utilisation de ces procédés semble bien difficile, sinon impossible. Tout ce qu'on peut admettre, c'est un dispositif servant à dessécher l'acétylène avant

de le brûler. Il est donc essentiel que le carbure de calcium soit aussi pur que possible. Son prix de revient serait bien entendu plus élevé, mais cette pureté est un des éléments du succès de la nouvelle industrie. On obtiendrait, d'ailleurs, avec du carbure pur un rendement plus élevé en gaz, ce qui permettrait de le vendre proportionnellement plus cher sans beaucoup augmenter le coût de l'éclairage.

Dans les paragraphes suivants, nous étudierons les conditions à réaliser pour une bonne fabrication.

31. ***Matières premières.*** — Le coke ne doit pas contenir beaucoup de cendres; MM. Morehead et de Chalmot ont obtenu de bons résulats avec du coke contenant 7 pour 100 de cendres; à la teneur de 10 à 11 pour 100, le carbure est de quantité inférieure; avec 27 pour 100 de cendres, on n'a pu obtenir de carbure de qualité acceptable.

Le coke doit être broyé très fin; il doit pouvoir passer dans un tamis de 20 mailles au centimètre.

La chaux n'exige pas un broyage aussi fin que le coke; les plus gros grains doivent passer dans un tamis de 4 mailles au centimètre. Si la chaux est en grains plus gros, la qualité du carbure devient inférieure. La chaux vive est préférable à la chaux éteinte, ce qui provient sans doute de la perte d'énergie entraînée par la décomposition de la chaux hydratée. La chaux vive a de plus l'avantage d'être moins volumineuse que la chaux éteinte. La partie du mélange retirée des fours sans avoir été convertie, refroidit beaucoup plus rapidement lorsqu'on emploie la chaux vive. Les seuls inconvénients de celle-ci, c'est qu'elle doit être broyée et que les mélanges où elle entre doivent être plus souvent tisonnés dans le four; ils peuvent, en effet

former sans glissement des talus à très forte déclivité le long des parois du four et, par conséquent, laisser un trou tout autour des charbons.

La qualité de la chaux employée présente une importance particulière. La chaux anhydre doit contenir au moins 95 pour 100 d'oxyde de calcium et au plus 5 pour 100 d'impuretés. La présence de la magnésie influe spécialement sur la qualité du carbure produit. On n'a pu obtenir une bonne qualité de carbure avec une chaux de la composition suivante :

Insoluble	0,24
Silice	0,78
Oxyde de fer et d'aluminium	0,68
— de calcium	92,83
— de magnésium	5,47
Total	100,00

Une quantité de magnésie de 2,5 pour 100 dans le mélange a une influence marquée sur la production; la teneur de 3 pour 100 ne doit pas être dépassée en bonne pratique. Le rôle de cette substance serait de former comme un voile entre le charbon et la chaux, ce qui empêche leur combinaison. M. Moissan a démontré, en effet, que la magnésie ne s'unit pas avec la chaux ni le carbone (1).

Parmi les impuretés de la chaux les plus nuisibles, on peut citer encore le phosphate de calcium qui pendant la réaction se transforme en phosphure; ce dernier dégage ensuite pendant le traitement par l'eau du phosphure d'hydrogène, gaz toxique, qui est aussi en partie cause de l'odeur particulière de l'acétylène impur.

32. *Manutention*. — Le coke et la chaux sont d'abord broyés, chacun séparément; ils sont ensuite tamisés,

(1) MOISSAN. *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 506.

comme nous l'avons dit (§ 31), puis mélangés intimement, en proportions voulues, dans un malaxeur dont l'axe mobile est muni de palettes qui brassent les deux substances.

Il importe que le mélange soit très intime si l'on veut obtenir de bons résultats.

Ces opérations préliminaires, quand elles ne sont pas conduites avec soin ou qu'elles sont effectuées avec des appareils imparfaits, peuvent entraîner des pertes sensibles de matières (§ 34).

Théoriquement, le mélange devrait contenir, pour obtenir une tonne de carbure de calcium :

Chaux.	875	kilogrammes.
Carbone.	562,5	—

En pratique, d'après MM. Morehead et de Chalmot, le mélange à traiter doit contenir en moyenne 100 parties de chaux et 64 à 65 parties de carbone (900 et 575 à 590 kilogrammes) pour donner un carbure dégageant environ 310 litres de gaz par kilogramme. Si la tension du courant électrique est de 100 volts, il vaut mieux employer un peu plus de charbon, de 66 à 67 parties (595 à 605 kilogrammes). Si la tension est de 65 volts ou moins, 63 à 64 parties de charbon suffisent. Cette influence de la tension ne s'explique pas bien. D'après les mêmes auteurs, lorsqu'on augmente la proportion de charbon, le carbure devient plus pur, mais la partie extérieure du bloc de carbure formé, mélange de parties converties et non converties, est plus considérable.

Il ne faudrait pas pourtant s'écarter trop des quantités théoriques, car, ainsi que M. Moissan l'a déclaré, le carbure de calcium de composition nettement définie, CaC^2, qui donne par réaction de l'eau, le dégagement maximum d'acétylène le plus pur, ne se forme que dans

ces conditions. Lorsqu'on fait varier les proportions de chaux ou de charbon dans le mélange traité au four électrique, on obtient des carbures de compositions variables ne donnant plus que de l'acétylène mélangé d'autres gaz, et en moins grande quantité par unité de poids.

33. ***Conduite des fours.*** — M. Ch. Jacquin a publié de très intéressants renseignements sur la fabrication du carbure de calcium aux usines de Froges. Ces usines, établies par la Société électro-métallurgique française pour la fabrication de l'aluminium par les procédés Héroult, comprennent deux turbines hydrauliques de 500 chevaux chacune et une turbine de 500 chevaux. Chacune des deux premières entraîne directement une dynamo Brown de 360 kilowatts (6000 ampères, 60 volts); la troisième entraîne une dynamo de 73 kilowatts (65 ampères, 110 volts), dont le courant sert à l'excitation des deux dynamos d'électrolyse et à l'éclairage. Chacune des deux grandes génératrices peut alimenter trois fours placés à 5 mètres en arrière. Actuellement, trois fours seulement sont utilisés, et il n'y en a jamais plus de deux en marche, actionnés chacun par une dynamo spéciale; ils sont mis au repos à tour de rôle, et l'on profite de ce moment pour remettre en état les creusets qui ont besoin de réparations fréquentes.

Les fours sont ceux qui servaient à la fabrication de l'aluminium; ils n'ont subi aucune modification. Ils portent (fig. 21) quatre roulettes permettant de les déplacer facilement.

Le four proprement dit A a la forme d'un parallélipipède de 1,80 × 1,50 × 1,50 m. Il se compose d'un creuset ou bloc de graphite *a* recouvert d'un revêtement extérieur en fonte et portant une cavité intérieure *d*. Celle-ci

communique à sa partie supérieure avec une ouverture de chargement E et à la partie inférieure avec un orifice de coulée B en face duquel est placée la cuve C destinée à recueillir la matière fondue. La masse du four qui forme l'électrode négative de l'appareil est isolée du sol par les

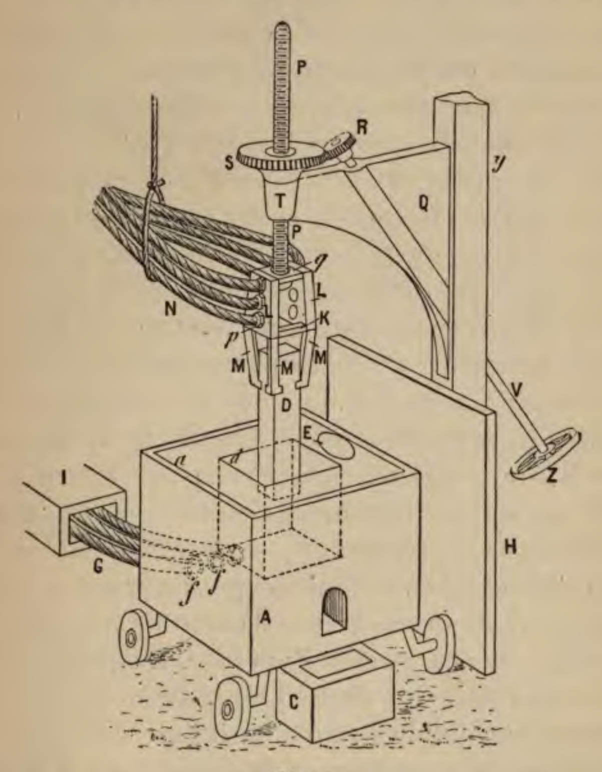


Fig. 21.
Four électrique Héroult des usines de Froges.

roulettes. Les câbles I du conducteur négatif sont fixés par des boulons *f* sur la paroi d'arrière du four A. L'électrode positive est constituée par une tige de charbon D de 20 centimètres de côté, serrée par les quatre griffes M de la mâchoire K, dont les deux flasques L servent de

point d'attache aux six câbles du conducteur positif N. La mâchoire K est solidaire d'une tige filetée P au moyen de laquelle l'électrode peut être élevée ou abaissée. A cet effet, la tige P traverse un manchon fileté T faisant partie d'une potence Q fixée à la charpente *y* du bâtiment; et passe également au travers d'une roue S filetée intérieurement et montée folle sur le manchon T. La roue S engrène avec un pignon R dont l'arbre V traverse la potence Q et peut être mû par un volant à main Z.

La fabrication du carbure de calcium est une opération simple. Un ouvrier remplit d'abord le creuset en versant par l'orifice E le mélange de chaux et de coke; un second ouvrier, chargé de la conduite du four, protégé du rayonnement de la chaleur par un écran H en mica, se tient en permanence à côté du volant Z; il a devant les yeux un voltmètre et un ampèremètre placés dans le circuit électrique du four. Lorsque le creuset est rempli, il abaisse progressivement l'électrode D en tournant le volant Z, de manière à échauffer la masse et à former ensuite un arc entre la barre de charbon et la matière contenue dans le creuset.

On voit le charbon devenir rouge sur presque toute sa longueur, tandis qu'une grande flamme blanche s'échappe par l'orifice de chargement E du four. L'ouvrier règle la position de l'électrode d'après les indications de l'ampèremètre et surtout du voltmètre; il juge de l'état de la réaction par la grandeur et la couleur de la flamme. Lorsque la réaction est près d'être terminée, un ouvrier débouche le trou de coulée pendant qu'un autre ouvrier recharge le creuset par l'orifice E. Le carbure fondu s'échappe en un jet incandescent qui se répand dans la cuve C et s'y refroidit. L'électrode reste plongée dans le creuset et par conséquent le courant n'est pas interrompu. La marche du four est donc continue, mais on procède

par charges et coulées successives. On fait une coulée toutes les 40 minutes environ.

Chaque four peut donner environ 300 kilogrammes de carbure par jour si on le fait fonctionner pendant 24 heures.

Les électrodes en charbon étant portées au rouge par le passage du courant s'usent très vite, et leur renouvellement forme une partie notable du prix de revient. La Société électro-métallurgique française fabrique elle-même dans une petite usine spéciale les nombreuses barres de charbon dont elle a besoin pour ses fours électriques.

A Spray, la marche des opérations est légèrement différente. Nous empruntons à un rapport de MM. Houston et Kennelly les renseignements suivants :

Les deux substances convenablement mélangées forment une poudre homogène qui est transportée près des fours électriques. La charge de ceux-ci s'effectue en jetant quelques pelletées du mélange sur la plaque qui porte l'électrode inférieure; la réaction s'opère en établissant l'arc entre les deux électrodes. La tension et l'intensité du courant, qui au début sont sujettes à de fréquentes variations, deviennent à peu près fixes au bout d'un quart d'heure; leurs valeurs sont alors de 100 volts et 1 600 ampères. Sous l'action de l'arc, dont la longueur est d'environ 7,8 cm, le mélange qui se trouve immédiatement sous l'électrode supérieure est converti en carbure de calcium fondu. Au fur et à mesure que l'on ajoute de nouvelles charges, la masse de carbure de calcium s'élève graduellement et tend à réunir les deux électrodes; on rétablit alors l'arc en remontant l'électrode supérieure au moyen du volant de manœuvre. De temps en temps, on ajoute un peu du mélange de coke et de chaux pour entretenir la transformation. L'oxyde de

carbone en ignition forme des flammes que colorent les vapeurs du calcium et qui enveloppent parfois l'électrode supérieure. On évite autant que possible cet inconvénient par une ventilation énergique.

L'ouvrier chargé de la surveillance du four en activité est placé près du tableau de distribution, à portée du volant servant à élever ou abaisser l'électrode supérieure. Son travail consiste à maintenir l'arc en observant les indications du voltmètre et de l'ampèremètre et à élever l'électrode supérieure jusqu'à bout de course de la tige de suspension. Quand cette tige est arrivée à ce point, l'opération est presque terminée ; on cesse d'ajouter de nouvelles charges, mais on maintient l'arc jusqu'à ce que les portions du mélange ajouté en dernier lieu soit converties en carbure. Le courant est alors supprimé et est envoyé à l'autre four dont l'opération commence pendant que le premier se refroidit et que le carbure de calcium se solidifie. Après solidification, ce carbure est enlevé du four ; le bloc de carbure obtenu possède alors assez grossièrement la forme d'un prisme vertical de section rectangulaire dont la partie supérieure se termine un peu en pointe.

Une couche de scories recouvre sa surface extérieure ; ces scories contiennent du carbone, de l'oxyde, du carbonate et du carbure de calcium. Le carbure renfermé dans ce revêtement demeure en fusion pendant plusieurs heures après la fin de l'opération.

La portion du mélange qui n'a pas été convertie varie de 50 à 75 pour 100 de la charge totale. On la retire du four éteint pour l'employer dans une opération ultérieure ; mais comme une partie du carbone de ce mélange s'est oxydée, on y ajoute un peu de charbon de bois pulvérisé pour rétablir les proportions originales.

L'électrode inférieure qui forme le fond du four est

constituée par une plaque de fer qui porte deux plaques de charbon ; l'entretien de ces charbons et leur renouvellement n'exige que peu de dépenses, car ils peuvent facilement être réparés avec les charbons qui restent de l'électrode supérieure. Cette façon d'opérer permet d'utiliser les charbons *in extremis* et de réaliser une notable économie sur la consommation.

D'après MM. Morehead et de Chalmot, les charbons de l'électrode supérieure, si l'on prend les soins nécessaires à leur protection, s'useraient d'environ 1 ou 2 cm par heure dans un four ouvert ; les gaz non oxydants qui se dégagent du four les protègent très efficacement ; aussi, s'usent-ils plus pendant les intervalles de repos, lorsqu'ils sont encore chauds. Une électrode des dimensions données plus haut (§ 21) durerait 100 heures environ dans un four ouvert à marche discontinue, et suffirait à la production de 3800 à 3900 kilogrammes de carbure. Dans un four fermé employé sans arrêt, elle durerait de 200 à 300 heures ; la dépense, de ce chef, serait alors d'environ 5 francs par tonne de carbure.

34. *Résultats d'expérience*. — Un journal américain, *Progressive Age*, a pris l'initiative de faire faire des expériences par un comité indépendant formé des professeurs Houston, Kennelly et Kinnicutt, sur la fabrication industrielle du carbure de calcium. Les expériences ont été faites à l'usine de Spray. Nous extrayons du rapport publié à ce sujet les renseignements suivants qui compléteront utilement ce que nous venons de dire en prouvant combien les procédés pratiques actuels sont perfectibles.

Deux expériences furent faites ; les appareils servant aux mesures avaient été auparavant soigneusement vérifiés.

Dans la première expérience, on pesa 544 kilogrammes

de chaux et 362 kilogrammes de coke, et dans la seconde 562,34 kg de chaux et 362,8 kg de coke. Pendant l'opération du mélange et le transport, il fut perdu 44 kilogrammes dans le premier cas et, 26,46 kg dans le second. Il fut donc porté au four respectivement 863 et 898,68 kg de mélange.

L'analyse chimique des matières premières et du mélange donna les résultats suivants.

Pour la chaux :

	1re exp.	2e exp.
Eau et acide carbonique	4,55	4,02
Silice	0,28	0,34
Acide phosphorique	0,014	0,015
Oxyde de fer et d'aluminium	1,58	1,64
— de calcium	88,86	89,00
— de magnésium	4,27	4,38
Ammoniaque, acide sulfurique, pertes	0,446	0,605
Total	100,000	100,000

Pour le coke :

	1re exp.	2e exp.
Humidité	0,40 °/o	0,50 °/o
Cendres	8,60 —	8,50 —
Soufre	0,48 —	»
Phosphore	0,0055 —	»

Pour le mélange :

	1re exp.	2e exp.
Oxyde de calcium	52,32	54,50
Charbon	37,3	35,97
Résidus, oxydes de magnésium, de fer, d'aluminium, acide carbonique, humidité, etc.	10,38	9,53
Total	100,00	100,00

L'opération au four dura 3 heures dans le premier cas et 2 heures 40 minutes dans le second. La quantité totale

d'énergie électrique fournie aux fours (non compris les pertes dans les transformateurs) fut la suivante :

1re épreuve.	2e épreuve.	Total des deux épreuves.
579,2 ch.-h.	520,7 ch.-h.	1099,9 ch.-h.
432,1 kw.-h.	388,5 kw.-h.	820,6 kw.-h.

Le carbure de calcium recueilli dans la première expérience pesait 102,71 kg et le poids du mélange non converti était de 603,46 kg. Le bloc de carbure était recouvert d'une couche de scories contenant un peu de carbure de calcium ; les autres matières étrangères contenues dans ces scories représentaient un poids de 4,53 kg, laissant ainsi un bloc de carbure net de 98,18 kg.

La détermination du volume de gaz dégagé par kilogramme de carbure est assez difficile, car ce volume varie suivant la partie du bloc où l'échantillon est pris. Ainsi, dans la première épreuve, la moyenne de trois expériences, dans chaque cas, donna les volumes suivants de gaz humide, ramenés à la pression de 759 millimètres et à la température de 15° C.

Fond de la masse.	290	litres	par kilogramme.
Centre —	296	—	—
Partie supérieure du bloc. .	306	—	—

Les chiffres ci-dessous sont des moyennes.

Dans la seconde expérience, le bloc de carbure brut pesait 92,06 kg, correspondant à 87,53 kg de carbure net.

Les rendements moyens en acétylène furent les suivants (à 759 millimètres et 15° C.), en litres de gaz humide.

	1re exp.	2e exp.	Moyenne.
Par kilogramme de carbure brut.	287,5	302	294,5 litres
— — net.	298	318	308 —

La partie du mélange non convertie fut aussi analysée; sa composition était la suivante :

	1re exp.	2e exp.	Total.
Charbon.	208,3	222,5	430,8
Oxyde de calcium.	329,3	357,7	687,0
Résidus.	65,8	104,8	160,6
Carbure de calcium. . . .	87,5	87,6	175,1
Scories.	4,5	4,5	9,0
Totaux. . . .	695,4	777,1	1472,5

Ces chiffres révèlent une perte notable. Le tableau suivant fait ressortir ce fait encore plus clairement.

	1re exp.	2e exp.	Total des deux expériences.
Carbone consommé pour le carbure de calcium. . . .	54,7	49,2	103,9 kg
Perdu dans le four.	58,1	36,5	94,6
Totaux.	112,8	85,7	198,5
Oxyde de calcium pour la production du carbure. . .	85,8	76,4	162,2 kg
Perdu dans le four.	36,0	32,1	68,1
Totaux.	121,8	108,5	230,3

En raison des impuretés contenues dans les matières premières, les dépenses de coke et de chaux sont plus élevées; elles correspondent aux chiffres suivants, en kilogrammes par kilogramme de carbure.

	1re exp.	2e exp.	Moyenne.
Coke (carbure net). . .	1,271	1,077	1,18 kg
Chaux (—). . .	1,397	1,403	1,40
Coke (carbure brut). .	1,215	1,024	1,125
Chaux (—). .	1,335	1,335	1,335

Le poids de carbure net obtenu pour une dépense d'un cheval pendant 24 heures fut de 4,1 kg pour la moyenne des deux expériences.

L'étude attentive de ces chiffres permet de se rendre

compte de l'importance des perfectionnements qu'on peut apporter à la fabrication actuelle.

35. ***Prix de revient du carbure de calcium.*** — L'avenir de la nouvelle industrie dépend du prix auquel on pourra vendre le carbure de calcium. Nous entrerons donc à ce sujet dans quelques détails.

M. Willson avait déclaré, dans sa conférence faite en mars 1895, que ce produit ne coûterait pas plus de 75 francs la tonne. Ce prix n'est malheureusement pas possible. Jamais le carbure de calcium n'a été vendu moins de 400 francs la tonne, pris par grandes quantités dans les usines. Par plus faibles quantités ou au détail, il était vendu 0,75, 1 et même 2 francs le kilogramme. A l'heure actuelle, il vaut beaucoup plus cher : 1500 francs la tonne.

Cela tient à ce que les usines ne sont pas outillées pour une production industrielle ; ce sont plutôt des usines d'expérience ; les appareils employés pour la fabrication sont encore rudimentaires. Enfin, les applications de l'acétylène étant encore peu répandues, la vente du carbure de calcium est assez restreinte.

On peut facilement se rendre compte de ce que coûtera le carbure dans un avenir peut-être prochain. D'après ce que nous avons dit dans les paragraphes précédents, son prix de revient se composera des dépenses suivantes par tonne de 1000 kilogrammes.

1° 4800 chevaux-heures électriques ;
2° 600 kilogrammes de coke en poudre ;
3° 900 — de chaux pulvérisée ;
4° Prix des charbons (électrodes) ;
5° Réparation des fours ;
6° Main-d'œuvre ;
7° Emballage dans des barils hermétiques ;
8° Frais de transport ;
9° Frais de bureau, amortissement, intérêt du capital, redevance à l'inventeur, impôts, assurances, etc.

Supposons qu'on dispose d'une force motrice hydraulique. D'après les chiffres relevés sur place par M. Minet et relatifs à des installations effectuées en Savoie, la dépense entraînée par l'aménagement de la chute d'eau, l'installation électrique, etc., ne seraient pas moindres de 600 000 francs pour une usine de 1000 chevaux, avec une chute d'eau de 100 mètres de hauteur, captée à 1 kilomètre de distance. Les dépenses, comprenant l'amortissement du capital, l'entretien du matériel, les frais de personnel et l'imprévu, s'élèveraient à 80 000 fr. par an. Si l'on admet que la durée du travail soit de 22 heures par jour et que la fabrication soit continuée 330 jours par an, les dépenses par cheval-heure électrique aux bornes du four seraient donc de 0,011 francs. C'est le chiffre que nous adopterons.

Dans ces conditions, les frais par tonne de carbure s'établiraient comme suit :

1°	Force motrice, 4800 × 0,011 = ...	52.80
2°	600 kilogrammes coke en poudre à 17fr,25 la tonne. . .	10.35
3°	900 — chaux en poudre à 27 francs la tonne.	24.30
		87.45
4°	Coût des électrodes.	5. »
5°	Réparation des fours.	10.55
6°	Main-d'œuvre.	10. »
7°	Emballage et barils.	10. »
8°	Transport (variable).	» »
		123. »
9°	Frais généraux, etc.	100. »
		223. »

Ce prix est évidemment approximatif; il varierait avec l'importance de l'usine et le nombre d'heures de travail annuelles. Nous ne croyons pas néanmoins qu'il soit dépassé en pratique, au contraire.

Voici à titre de comparaison le prix de revient établi

par MM. Houston et Kennelly à la suite de leur rapport cité plus haut.

« Nous admettons, disent-ils, pour l'installation une puissance de production de 5 short tonnes (de 908 kg.) de carbure par jour et un travail de 300 jours par an, en employant l'eau comme force motrice.

Nous supposerons que la force motrice hydraulique coûte, prise à l'arbre de la turbine, 25 francs le cheval-an, y compris le loyer du sol. Nous savons que des traités ont déjà été passés à ce prix pour des forces limitées.

Premier établissement.

1 200 chx turbine et installation	56000 fr.
Bâtiments	12500
Installation électrique, dynamos, appareillage, etc.	120000
Machine à broyer et mélanger	20000
Fours et électrodes	12500
Outillage, produits chimiques, etc.	2500
Total	223500

Personnel et main-d'œuvre.

3 équipes de 8 heures chacune :	
1 directeur	10000 fr.
2 contremaîtres	7500
3 ouvriers aux dynamos	6750
— au broyage	4500
— aux fours	4500
3 manœuvres	4500
Total par an	37750

Frais généraux.

Assurance	625 fr.
Charges, impôts	1150
Intérêt à 5 pour 100 sur 1er établ.	11175
Dépréciation à 5 pour 100 sur 1er établ.	11175
Huile, chiffons, fournitures de bureau	3750
Total par an	27875

Force motrice.

Eau et loyer du sol 1 200 chx à 25 fr.	30 000 fr.

Matières premières.

1687,5 tonnes de coke, à 13fr,75 la tonne rendue	23 205 fr.
2 002,5 tonnes de chaux, à 12fr,50 la tonne rendue	25 030
Charbons pour électrodes	6 450 fr.
Total	54 685

Dépenses pour 1 500 tonnes de carbure brut	150 310 fr.
Coût de fabrication d'une tonne (1)	100,20

Ce coût de fabrication est évidemment subordonné aux prix des matières premières et de la force motrice, quelle que soit l'importance de l'installation.

Certaines de ces dépenses sont trop réduites. Ainsi, la force motrice et le loyer du sol sont comptés à 25 fr. par cheval par an; or la compagnie Willson vient d'installer ses usines à Niagara où elle paye le courant électrique 90 francs par cheval et par an, sans compter le loyer du sol. En admettant que le prix ci-dessus doive être augmenté de 25 pour 100, environ, on voit que le prix réel se rapprochera beaucoup du prix de 123 francs, que nous avons établi.

En résumé, il est probable que le prix de vente du carbure de calcium ne dépassera pas 400 francs la tonne lorsque l'industrie de l'acétylène aura pris son complet développement.

36. *Procédés divers.* — On a proposé divers procédés pour fabriquer le carbure de calcium à très bon marché.

(1) Les tonnes dont on parle sont des *short* tonnes de 908 kilogrammes.

Les Américains ont proposé de fabriquer le carbure dans des hauts fourneaux ordinaires par des procédés chimiques; le prix de revient n'aurait pas dépassé 30 francs la tonne. Ce projet n'a jamais été mis à exécution, même à titre expérimental, et nous doutons qu'il soit réalisable dans l'état actuel de la science.

M. Wilkinson a proposé de fabriquer le carbure comme sous-produit de la fabrication de l'aluminium; il n'aurait alors rien coûté, ce qui eût été encore plus économique. Ce n'est malheureusement pas possible, car nous avons vu (§ 32) que le carbure de calcium ne se forme que si l'on soumet à l'action du four électrique un mélange nettement déterminé de charbon et de chaux.

Il vaudrait mieux chercher la diminution des frais dans la construction d'appareils rationnels. Si l'on engendrait l'acétylène dans des usines où il serait liquéfié ou comprimé, on pourrait récupérer la chaux qui servirait indéfiniment et obtenir par là une économie sensible. On pourrait aussi réduire les frais généraux en groupant plusieurs industries connexes dans une même usine.

Ajoutons pour terminer que M. Bullier a proposé un procédé de fabrication qui consiste à soumettre à l'action du courant électrique un bain fondu de chlorure ou d'un sel haloïde du métal dont on veut obtenir le carbure, mélangé à l'oxyde ou à un [sel de ce métal et à du charbon. Ainsi, pour obtenir le carbure] de calcium, on prépare un bain de chlorure de calcium fondu additionné, au fur et à mesure des besoins de la réaction, d'une quantité convenable de chaux vive et de carbone. Les proportions de ces deux derniers corps l'un par rapport à l'autre sont, de préférence, 56 de chaux et 36 de carbone.

Le bain, contenu dans une cuve en charbon, est alors soumis à l'électrolyse. Sous l'action du courant, le chlorure de calcium se décompose; le chlore se porte sur la chaux et reforme du chlorure de calcium, tandis que le calcium s'unit au carbone pour former le carbure.

Ce procédé n'a pas été appliqué en pratique.

37. *Propriétés physiques et chimiques du carbure de calcium.* — Lorsque le carbure de calcium est formé dans le four électrique, il est fluide. En se refroidissant, il se solidifie. Il se présente alors sous la forme d'un corps cristallisé, opaque, gris foncé, légèrement mordoré; son apparence rappelle un peu celle du coke.

Sa densité est de 2,22.

Il est dur comme du granit et sa cassure est nettement cristalline, avec des reflets mordorés. Cette apparence varie d'ailleurs suivant les soins apportés à sa fabrication et la qualité des matières premières employées. Le carbure de calcium qu'on trouve dans le commerce est plus ou moins mélangé d'impuretés, de charbon à l'état amorphe, ou transformé en graphite.

Il est très hygrométrique. Si on l'abandonne à l'air libre, il absorbe l'humidité atmosphérique; le calcium qu'il contient décompose cette eau et fixe son oxygène, tandis que l'hydrogène se combine avec le carbone pour former de l'acétylène. Il résulte de cette propriété que le carbure de calcium dégage à l'air libre une forte odeur alliacée d'acétylène, et que sa surface ne tarde pas à se recouvrir d'une couche blanche de chaux. Si on l'abandonne pendant longtemps à l'air libre, il finit par se décomposer entièrement.

La même réaction se produit, mais avec une beaucoup plus grande activité, lorsque le carbure de calcium est mis en présence de l'eau; c'est sur cette réaction qu'est basée la fabrication de l'acétylène qui sera expliquée plus loin en détail (§ 38).

Si l'on excepte cette réaction caractéristique, le carbure de calcium est un corps relativement peu actif. M. Moissan a trouvé qu'il peut être chauffé, dans l'hydrogène, ou exposé à l'azote, à la température de 1,200° C., ou encore mis en contact du silicium ou du bore à la température du rouge vif, sans éprouver aucune modification; il n'est pas, non plus, affecté par le sodium ou le magnésium au point de fusion du verre, ou par l'étain chauffé au rouge. A une température plus élevée que celle du rouge sombre, il s'allie avec le fer. Il devient incandescent au contact du chlore, du brome et de l'iode, aux températures respectives de 245, 350 et 305 degrés. Il brûle dans l'oxygène, en formant du carbonate de chaux, à la température du rouge sombre. Dans des vapeurs sulfureuses, il devient incandescent à la température de 500 degrés en formant un dépôt de sulfure de calcium et de bisulfure de carbone. Il décompose l'eau très rapidement, en dégageant de l'acétylène, mais son action sur la vapeur d'eau n'est pas aussi rapide, même s'il est porté à la température du rouge sombre(1); le gaz dégagé dans ces conditions n'est pas de l'acétylène pur, mais contient de l'hydrogène. Dans les acides dilués, il se comporte de même qu'en présence

(1) D'après les expériences que nous avons faites, la décomposition du carbure par l'eau diminue rapidement lorsque la température s'élève ; on peut placer du carbure de calcium dans un feu ardent et verser de l'eau sur le carbure sans que celui-ci soit décomposé. C'est une conséquence même de la diminution d'affinité de l'oxygène pour le calcium et de l'augmentation d'affinité du carbone pour le calcium avec la température ; c'est précisément sur ces changements d'affinité qu'est basée la fabrication du carbure de calcium dans le four électrique.

de l'eau, mais il n'est que légèrement attaqué par l'acide nitrique fumant et par l'acide sulfurique, quoique l'acide sulfurique ordinaire le décompose facilement, en produisant une forte odeur d'aldéhyde. L'acide chlorhydrique sec le rend incandescent, et le gaz dégagé contient une forte proportion d'hydrogène. En présence de l'acide chromique anhydre fondu, il forme de l'acide carbonique anhydre avec incandescence, mais, avec une solution d'acide chromique, il ne produit que de l'acétylène. Il est oxydé par le chlorate et l'azotate de potasse à la température du rouge; il devient alors incandescent, et il se forme du carbonate de chaux. Le peroxyde de plomb l'oxyde avec incandescence en dessous de la température du rouge; le plomb réduit contient du calcium. Il devient incandescent quand on le triture avec du chromate de plomb, à la température ordinaire.

CHAPITRE IV

Préparation de l'acétylène.

38. ***Réaction fondamentale.*** — Ce n'est pas sans étonnement que l'on voit pour la première fois l'effervescence violente qui résulte de la réaction de l'eau sur le carbure de calcium, surtout lorsqu'on sait que la plupart des réactifs, même les plus énergiques, sont sans action sur lui. Peu de réactions présentent une telle activité.

Lorsqu'on met le carbure de calcium et l'eau en présence, le calcium décompose l'eau pour s'emparer de son oxygène ; le carbone et l'hydrogène ainsi libérés s'unissent pour former de l'acétylène. La formule suivante représente les réactions :

$$\underbrace{CaC^2}_{\text{carbure de calcium.}} + \underbrace{2H^2O}_{\text{eau.}} = \underbrace{CaOH^2O}_{\text{chaux.}} + \underbrace{C^2H^2}_{\text{acétylène.}}$$

D'après cette formule, il résulte que 1 kilogramme de carbure de calcium décompose 562 grammes d'eau et produit 115 grammes de chaux hydratée, tandis que 406 grammes d'acétylène se dégagent. Ce poids d'acétylène correspond à 340 litres de gaz pur et sec à la température de 0° C et à la pression de 760 millimètres.

La réaction de l'eau sur le carbure engendre une grande quantité de chaleur. On peut s'en assurer par une expérience très simple qui consiste à prendre entre les doigts un morceau de carbure, à le plonger brusquement dans l'eau et à le retirer aussitôt; ce carbure s'imprègne d'eau et se décompose à l'air libre; sa température ne tarde pas à être tellement élevée qu'on doit renoncer à le tenir. Dans les appareils générateurs basés sur cette réaction, la température s'élève plus ou moins, suivant que la réaction est plus ou moins régulière, et se fait ou non en présence d'un excès d'eau. Dans un appareil bien étudié elle dépasse rarement 40 à 50° C; mais dans la plupart des appareils actuels, elle atteint 60 ou 80°, et nous pourrions citer certains appareils dans lesquels la température est suffisante pour faire bouillir l'eau placée autour du générateur. Lorsqu'on fait tomber de l'eau goutte à goutte lentement sur du carbure, on peut constater des élévations de température atteignant plusieurs centaines de degrés dans la masse de carbure.

Le carbure de calcium du commerce n'est jamais absolument pur, aussi le volume de gaz engendré par un kilogramme de carbure n'atteint-il jamais le débit théorique de 340 litres. Dans les premiers temps surtout, on n'obtenait que des débits beaucoup plus faibles; les meilleurs carbures ne donnaient que 280 litres de gaz en moyenne par kilogramme; M. Wedding essaya le carbure de Neuhausen qui ne lui donna que 30 pour 100 du rendement théorique, et d'autres essais faits à Bade n'ont donné qu'un rendement de 50 à 55 pour 100. Aujourd'hui, les carbures de bonne marque donnent un rendement commercial moyen de 300, parfois de 310 et même 330 litres. En comptant sur 300 litres, on ne s'exposera à aucun mécompte. Il y a donc tout avantage

à employer un carbure aussi pur que possible, même en le payant un peu plus cher que les qualités inférieures.

Lorsqu'on traite le carbure de calcium par l'eau, le résidu qui se forme occupe un volume beaucoup plus considérable que le carbure lui-même. Ce foisonnement est plus grand quand l'eau est en excès ; si l'on abandonne un bloc de carbure à l'air humide, il dégagera de l'acétylène et se transformera complètement en chaux, au bout d'un certain temps, avec une très faible augmentation de volume ; mais si l'on plonge un bloc de carbure dans l'eau, le résidu formé peut atteindre 3 et 4 fois le volume primitif.

39. ***Impuretés. Purification.*** — Le carbure de calcium n'étant pas pur, on conçoit que l'acétylène qu'il engendre soit aussi mélangé d'impuretés. Celles-ci sont variables avec la composition du carbure ; aussi les chimistes qui ont analysé l'acétylène du commerce ont-ils souvent trouvé des résultats discordants. Voici quelques-uns des chiffres publiés.

M. Lewes déclarait avoir trouvé 98 parties d'acétylène, 2 parties d'air et des traces d'hydrogène sulfuré. M. Dommer a donné la composition suivante :

Acétylène.	98,10	p. 100.
Oxygène.	1,18	—
Azote.	0,35	—
Hydrogène sulfuré.	0,10	—
Hydrogène.	0,27	—

Un chimiste allemand, M. Pusch, a trouvé 65 cm³ d'hydrogène phosphoré dans le gaz dégagé par 1 kilogramme de carbure. M. de Brévans a constaté aussi la présence de l'hydrogène phosporé et croit de plus avoir reconnu la présence de l'hydrogène silicié. M. Bullier, par contre, n'a jamais pu reconnaître la présence de ce dernier gaz.

Enfin, M. Giraud a publié les résultats d'analyses

très soignées de l'acétylène dégagé par la réaction d'une quantité d'eau aussi faible que possible. Les voici :

	1re exp.	2e exp.	3e exp.	4e exp.
Hydrogène phosphoré.	0,825	1,715	1,072	0,447 gr. par m³.
Ammoniaque.	0,425	0,481	0,060	2,790 —
Hydrogène sulfuré. . .	0,000	0,000	0,000	1,342 —
Azote.	0,43	2,91	1,027	1,125 p. 100.
Oxyde de carbone. . .	0,08	1,19	1,486	0,572 —

La présence de ces gaz provient de la décomposition par l'eau de substances étrangères contenues dans le carbure de calcium. La nature exacte de ces dernières n'est pas encore nettement définie; elle a fait cependant l'objet d'une intéressante étude par MM. Bullier et de Perrodil. La présence de l'hydrogène phosphoré est due à la réduction des phosphates existant dans les cendres du charbon ou dans la chaux elle-même. Le sulfure d'aluminium de formule $Al^2 S^6$ serait cause de la présence de l'hydrogène sulfuré, car il est décomposable par l'eau. Il est peu admissible que l'hydrogène sulfuré provienne de la présence des sulfures alcalino-terreux; ces corps, en effet, ne devraient pas se former à la haute température du four électrique et, en outre, ils ne dégagent de l'acide sulfhydrique qu'en présence d'un acide ; « on pourrait plutôt croire qu'il existe là un nouveau composé tenant du calcium, du charbon et du soufre, et qui aurait la même propriété que le carbure de calcium d'être décomposable par l'eau. » Enfin, la formation de l'ammoniaque devrait être attribuée à la présence d'azotures métalliques plutôt que d'azotures alcalino-terreux; ces derniers, en effet, se produiraient difficilement dans le four électrique et l'on devrait s'attendre plutôt à rencontrer des cyanures alcalino-terreux ; et ceux-ci ne sont pas décomposables par l'eau.

On a cherché aussi à expliquer la présence de l'ammo-

niaque par l'occlusion de l'air atmosphérique dans le carbure et à sa dissolution dans l'eau, ainsi que celle de l'oxyde de carbone par l'occlusion de ce gaz dans les cristaux de carbure pendant la fabrication au four électrique. La présence de l'hydrogène silicié est plus difficile à expliquer, car le carbure de silicium est insoluble dans l'eau.

Les inconvénients résultant des ces impuretés sont évidents. La présence de l'ammoniaque facilite la formation des acétylures par attaque directe des métaux. L'hydrogène phosphoré, l'hydrogène sulfuré, l'oxyde de carbone sont toxiques. Ce sont ces impuretés qui donnent à l'acétylène du commerce sa mauvaise odeur. Elles nuisent à la combustion éclairante de l'acétylène, et sont une cause de mauvais fonctionnement des becs brûleurs.

Sans aller aussi loin que M. Raoul Pictet, qui déclare qu'entre l'acétylène impur et l'acétylène chimiquement pur il y a un abîme, on conçoit l'importance qu'il y a à débarrasser le gaz commercial de ces impuretés.

Le mieux serait d'employer un carbure de calcium assez pur pour qu'elles ne se formassent pas ; M. Bullier a pu obtenir directement un gaz contenant 99,5 à 99,6 pour 100 d'acétylène pur.

Quand elles existent, on peut assez facilement les isoler.

L'ammoniaque et une forte proportion de l'hydrogène sulfuré sont arrêtées en faisant barboter les gaz dans l'eau.

Différents inventeurs ont cherché à appliquer industriellement la purification de l'acétylène.

Dans l'appareil Bon (§ 46) le gaz traverse, avant de se rendre aux appareils d'utilisation, une colonne contenant de la pierre ponce imbibée d'une solution de sulfate de cuivre et de carbure de calcium qui agit comme desséchant, tandis que le sulfate de cuivre retient l'hydrogène

sulfuré et l'hydrogène arsénié quand il s'en trouve. L'ammoniaque est absorbée par l'eau du gazomètre.

M. Raoul Pictet a proposé l'emploi d'un procédé spécial d'épuration basé sur la méthode générale des températures critiques (§ 29); ce procédé exige des appareils spéciaux et une main-d'œuvre assez coûteuse. Voici en quoi il consiste :

L'acétylène arrivant des gazomètres par le tube 1 (fig. 22) barbote dans un premier bain B, où des plateaux

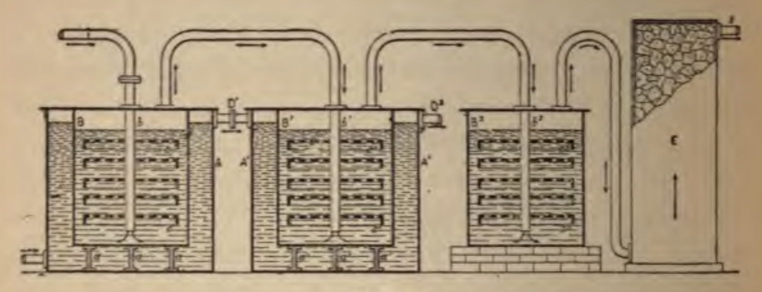


Fig. 22.
Appareil Pictet pour la purification de l'acétylène.

à rebords et perforés C, disposés les uns au-dessus des autres, amènent une grande division du gaz et facilitent ainsi un contact plus intime avec la solution. Ce premier bain est formé d'une dissolution concentrée de chlorure de calcium refroidie à la température d'environ — 20° à — 40° C, par le bain refrigérant A. A cette température l'acétylène n'est pas affecté, tandis que l'ammoniaque et ses composés sont complètement absorbés.

Le gaz déjà épuré se rend par le tube 2 dans une seconde cuve B′ dont la construction est identique à celle de la première, mais qui contient de l'acide sulfurique à 40 pour 100 de concentration et refroidi à — 20° ou — 60° C; enfin un troisième bain B², contenant

une solution de sels de plomb, achève l'épuration du gaz, qui est desséché en E sur du chlorure de calcium avant de se rendre aux gazomètres.

40. ***Difficultés pratiques.*** — La préparation de l'acétylène par projection d'eau sur le carbure présente plusieurs difficultés pratiques sérieuses dont on commence à peine à se rendre compte.

Au début, lorsque le carbure n'a encore subi aucune attaque, l'eau qui vient le mouiller est décomposée intégralement et immédiatement, c'est-à-dire que le dégagement de gaz est proportionnel à la quantité de liquide introduite et qu'il n'a lieu que pendant la durée du contact de celui-ci. Mais au bout de peu de temps, il se forme sur les blocs de carbure une couche de chaux. Lors de l'admission de l'eau, celle-ci commence par imprégner la chaux; elle ne vient au contact du carbure non décomposé qu'après un certain temps. Le débit n'est donc plus proportionnel à la quantité d'eau introduite; pour engendrer un volume déterminé de gaz, il faut employer une quantité de liquide plus considérable que ne l'indique la théorie. Le surplus, qui a imprégné la chaux, vient peu à peu au contact du carbure qui continue à produire du gaz, même lorsqu'on désirerait arrêter toute production. Cet effet est encore augmenté, comme l'a prouvé M. Lewes, par la propriété qu'aurait la chaux, portée à la température de 50° C, d'absorber temporairement deux fois environ son poids d'eau qu'elle abandonne en grande partie en se refroidissant.

Il en résulte des « surproductions » de gaz à certains moments, et l'obligation, parfois, de maintenir les appareils en marche tant qu'ils contiennent du carbure. Ces inconvénients sont surtout marqués dans les appareils où une grande masse d'eau reste toujours en présence du

carbure et s'élève ou s'abaisse suivant les besoins de la production, car le carbure de calcium étant très avide d'humidité absorbe la vapeur d'eau qui se dégage ; il se décompose, ce qui produit de la chaleur et augmente encore la quantité de vapeur d'eau. En outre, comme le fait remarquer le Dr Claussoles, si l'eau arrive par le bas du récipient à carbure, la masse transformée augmentant et devenant friable, si son affaissement ne se produit pas peu à peu, une quantité d'eau de plus en plus grande est nécessaire pour atteindre la base du carbure non attaqué. Si la partie transformée en chaux s'affaisse subitement, une masse importante de carbure vient au contact de l'eau ; il en résulte un dégagement excessif d'acétylène, ce qui fait déborder le gazomètre.

De plus, lorsque le carbure est en partie décomposé, le dégagement d'acétylène cesse d'être régulier; vers la fin de la réaction, il est beaucoup plus faible qu'au début; on est donc forcé de remplacer le carbure avant qu'il soit complètement épuisé, ce qui augmente sensiblement les dépenses et entraîne à des manipulations désagréables.

Ces inconvénients sont très sensiblement atténués si l'on adjoint au gazogène un gazomètre d'une capacité suffisante, car les différences dans la production de gaz et dans la pression résultante sont, par là, rendues insensibles aux appareils d'utilisation. Ils sont prohibitifs pour les lampes portatives.

Une autre source de dangers résulterait de l'élévation de température provenant de la réaction de petites quantités d'eau sur du carbure en excès. M. Raoul Pictet raconte qu'il avait placé 5 kilogrammes de carbure dans un autoclave de toute résistance où des pompes permettaient d'introduire de l'eau quelle que fût la pression intérieure. L'autoclave communiquait avec un récipient où les gaz

se comprimaient et se liquéfiaient. La température ne tarda pas à s'élever à un point tel, que l'acétylène se décomposa spontanément avec accompagnement d'une violente explosion. M. Pictet conclut de cette expérience qu'il est aussi dangereux de jeter de l'eau sur une grande quantité de carbure que de jeter une allumette enflammée dans une poudrière. MM. Vieille et Berthelot se basent en partie sur cette expérience pour déclarer qu'on peut redouter « des élévations de température locales, susceptibles de porter quelques points de la masse à l'incandescence », et provoquer des explosions.

Nous croyons que des expériences plus précises seraient indispensables pour prouver ces conclusions. De pareils dangers ne seraient pas à craindre, d'ailleurs, dans les appareils produisant l'acétylène à basse pression, puisque, d'après les expériences de MM. Vieille et Berthelot eux-mêmes, l'acétylène dans ces conditions ne fait pas explosion par contact avec un corps incandescent. Dans l'expérience de M. Pictet, l'acétylène se dégageait *en vase clos;* à la chaleur de formation s'ajoutait donc la chaleur de compression; il n'est donc pas étonnant qu'une explosion se soit produite; le contraire eût surpris; d'autant plus que l'acétylène se trouvait à haute pression, c'est-à-dire à son maximum d'explosibilité.

41. Régularisation de l'attaque. — De nombreux inventeurs ont cherché à s'affranchir des difficultés que nous venons de signaler.

Les uns, comme M. Trouvé, séparent le carbure en couches de faible épaisseur par des lames de verre. M. Deroy emploie un procédé analogue ; chacun des récipients à carbure est formé d'un seau en toile métallique séparé en son milieu, dans le sens de la hauteur, par une cloison. Dans chaque compartiment, il dispose

en couches alternatives du carbure et du gravier. L'eau arrive par le bas et attaque successivement chaque couche de carbure de calcium, en serpentant. Si l'eau arrive en trop grande quantité, une seule couche est attaquée, ce qui ne provoque pas un dégagement excessif de gaz. Le gravier peut être remplacé par des plaques métalliques, ce qui est plus commode ; on obtient alors le seau à carbure que représente la figure 42 (§ 56).

M. Bon et M. Souriou disposent le carbure dans des petits récipients séparés qui ont une capacité telle que le volume du gaz dégagé par chacun d'eux soit précisément égal à la capacité de la cloche du gazomètre ; chacun de ces récipients est attaqué successivement.

M. Schneider a proposé d'imprégner les cristaux de carbure d'une matière indifférente à l'eau, telle que la paraffine, la stéarine, l'huile, etc., l'imprégnation étant faite dans le vide.

Cet inventeur a fait des essais spéciaux qui lui ont démontré que le développement du gaz par l'écoulement de l'eau n'est pas du tout arrêté complètement par ce traitement du carbure de calcium, mais seulement ralenti en proportion du degré d'imprégnation et réglementé d'une façon convenable, tandis que le dégagement du gaz en employant le carbure qui ne serait pas traité par ce procédé est absolument trop violent et trop irrégulier.

Suivant le degré désiré de production de gaz, il suffit d'augmenter ou de diminuer l'imprégnation du carbure de calcium par les matières indifférentes ci-dessus.

Un procédé du même genre a été essayé lors des essais d'éclairage à l'acétylène des voitures de tramways, à Paris, par MM. Létang et Serpollet. Les résultats ont été satisfaisants, comme on peut s'en rendre compte à l'inspection des courbes reproduites en figures 23 et 24,

et qui donnent le volume de gaz contenu à tout moment sous la cloche du gazomètre.

Dans la première expérience (fig. 23) on avait mis dans le gazogène 2,5 kg de carbure de calcium ordinaire ; après 6 heures de temps, la dépense était de 2,1 kg. La production était très irrégulière et plusieurs fois la quantité de gaz engendrée étant plus considérable que la capacité de la cloche, le gaz s'échappa dans l'atmosphère.

Dans la seconde série d'expériences on employait du carbure préparé. Le débit était très régulier, comme on peut le voir par l'allure de la courbe (fig. 24). De plus, la consommation du carbure ne fut que de 1 459 grammes au lieu de 2 100, comme précédemment.

Dans les deux cas, la dépense totale de gaz aux becs était de 480 litres.

On pourrait aussi, au lieu de préparer le carbure, employer un liquide moins actif que l'eau. Ce procédé est aussi efficace que le précédent et beaucoup plus simple.

Il a été proposé par M. A. Chassevant, qui employait l'alcool méthylique, le méthylène de la régie, l'alcool amylique, l'acétone, la glycérine, l'éther, et en général tous les corps qui sont susceptibles de se mélanger intimement avec l'eau ou de s'y dissoudre, et qui n'attaquent pas le carbure quand ils sont anhydres.

M. Bullier, qui a fait de nombreuses expériences à ce sujet, a proposé aussi l'emploi de corps solides solubles dans l'eau ou de liquides miscibles avec l'eau.

Parmi les premiers, il préfère le sucre, en raison de l'effet particulier qui résulte de son emploi. Si on attaque le carbure de calcium par de l'eau sucrée, non seulement la réaction s'effectue paisiblement et régulièrement, mais encore la chaux résultant de la décomposition du

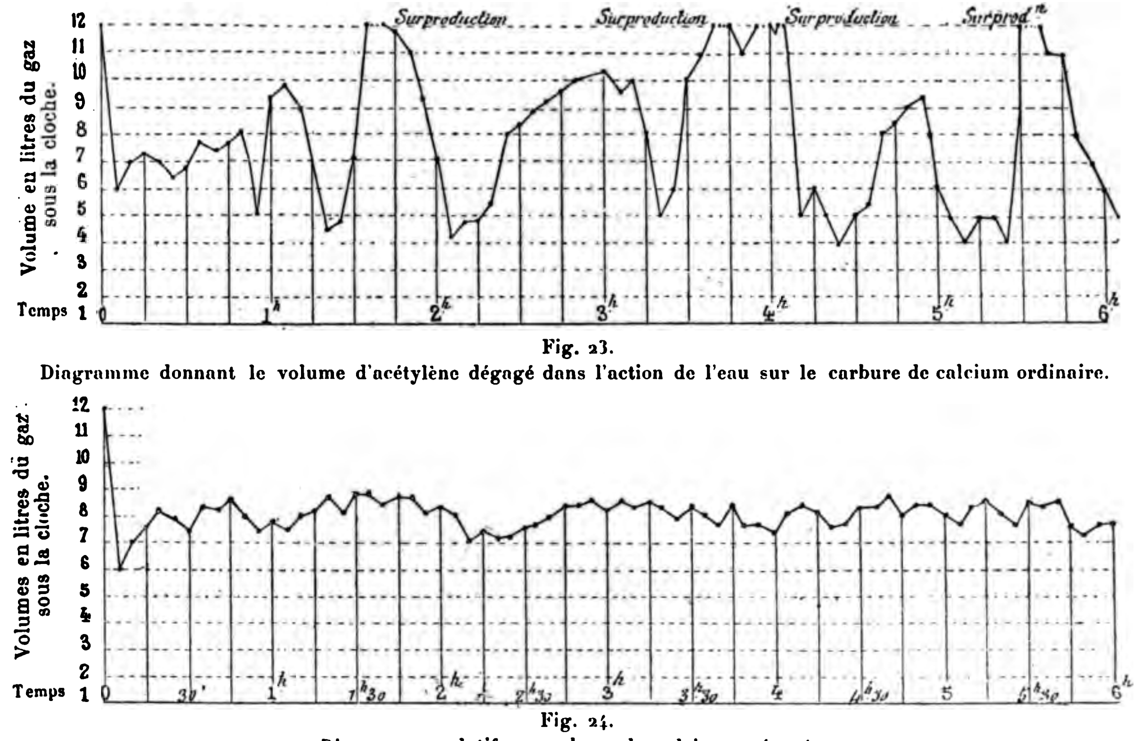


Fig. 23.

Diagramme donnant le volume d'acétylène dégagé dans l'action de l'eau sur le carbure de calcium ordinaire.

Fig. 24.

Diagramme relatif au carbure de calcium préparé.

carbure se transforme en sucrate de chaux soluble et le liquide reste limpide. Le dépôt qui se forme dans l'appareil est en tout cas beaucoup moins volumineux que lorsqu'on emploie de l'eau ordinaire.

Parmi les liquides miscibles avec l'eau, il préfère la glycérine et l'alcool, quoique tous les liquides se mélangeant bien avec l'eau, tels que l'acide acétique, les solutions salines, etc., puissent être employées avec succès.

La composition suivante donne de très bons résultats :

Eau.	68 parties.
Glycérine.	16 —
Alcool à 90 degrés.	16 —

Avec tous ces procédés, l'attaque est d'autant plus lente et plus régulière que l'eau est plus chargée de matières étrangères.

42. *Projection du carbure dans l'eau*. — La plupart des inconvénients que nous avons signalés précédemment ne subsistent plus si au lieu de jeter de l'eau sur une masse importante de carbure, on jette au contraire un poids déterminé de ce dernier dans une masse d'eau suffisamment grande. En effet, le volume total de gaz qui peut se dégager dans ces conditions est nettement déterminé ; la chaux se délitant au fur et à mesure de sa production, puisque l'eau est en excès, l'attaque du carbure se fait immédiatement ; l'élévation de température est faible, puisque la quantité totale de chaleur dégagée doit échauffer une plus grande masse d'eau ; en outre, l'incandescence du carbure n'est plus à craindre, ce corps étant complètement noyé ; enfin, comme le gaz, en se dégageant, doit traverser une couche d'eau importante, il se trouve tout naturellement débarrassé d'une grande partie de ses impuretés.

Tous ces avantages semblent indiquer que les appareils basés sur ce principe sont ceux qui donneront les meilleurs résultats.

La seule difficulté qu'ils entraînent est relative à la nécessité de jeter à chaque opération un poids déterminé de carbure dans l'eau. Ce corps se présente à l'état ordinaire sous forme de gros cristaux de poids très variable. Il faut donc commencer par broyer le carbure, ce qui n'est pas sans difficultés en raison de sa dureté considérable ; en outre, le carbure en poudre est plus facilement attaquable par l'humidité de l'air que les gros blocs de carbure, et sa conservation est donc plus difficile.

La plupart des inventeurs, qui ont cherché dans cette voie la solution du problème, emploient le carbure en poudre.

M. J. Reyval, qui a étudié la question dans une petite brochure publiée dernièrement, s'exprime ainsi, quant aux facilités de manipulation du carbure en poudre. Le carbure en petits grains constitue une matière qui ne se manipule pas, qui ne *coule* pas, qui ne se divise pas mathématiquement comme un liquide. D'autre part, on pouvait craindre que du carbure en poudre fine ne coulât pas suffisamment bien, déterminât des obstructions fréquentes ; il a fallu des expériences directes pour prouver que rien de semblable n'était à craindre : le carbure en poudre reste toujours parfaitement sec ; au prix de quelques précautions aisées à concevoir, il peut couler avec une grande régularité.

D'autres inventeurs ont proposé de fabriquer des agglomérés de carbure de calcium, agglomérés auxquels on donnerait une forme et un poids convenables et qu'un distributeur automatique projetterait successivement dans l'eau du gazogène.

CHAPITRE V

Appareils générateurs.

43. Le nombre de gazogènes proposés depuis à peine un an est énorme. A première vue, rien ne paraît plus simple que de construire un appareil de ce genre. Cependant, les difficultés pratiques auxquelles on se heurte (chap. IV) sont telles que bien peu des appareils essayés ont donné de bons résultats. Dans ce qui suit, nous ne décrirons que les appareils qui ont été construits ou ceux dont le principe nous a semblé assez intéressant.

Pour mettre un peu d'ordre dans leur description, nous les rangerons dans trois grandes classes principales :

1° Gazogènes dans lesquels l'eau et le carbure sont dans des vases séparés et dans lesquels l'eau tombe sur le carbure en quantité déterminée ;

2° Gazogènes dans lesquels l'eau et le carbure sont dans un même vase et où le contact des deux se fait par dénivellation du liquide ou mouvement du vase à carbure ;

3° Gazogènes dans lesquels l'eau et le carbure sont dans des vases séparés, et où le carbure tombe dans l'eau en quantité déterminée.

Dans beaucoup de ces appareils, la pression du gaz

engendré peut varier dans des limites très larges suivant les détails de construction. Nous ne distinguerons donc pas les appareils à ce point de vue.

1re *classe.*

44. Appareil Dickerson. — Un des collaborateurs de Willson, M. Dickerson, avait, dès le mois de décembre 1894, breveté un appareil qui a été réinventé depuis sous des formes parfois un peu différentes, mais identiques en principe. Il est juste d'ajouter que les nouveaux inventeurs ne connaissaient pas l'existence de cet appareil qui n'a jamais été décrit jusqu'ici.

Son principe consiste à admettre l'eau sur le carbure

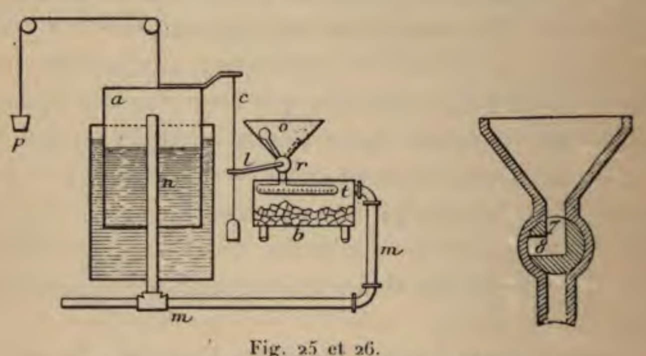


Fig. 25 et 26.
Appareil Dickerson. — Détail du robinet.

au moyen d'un robinet qui est manœuvré par la cloche du gazomètre.

La figure 25 en représente la disposition.

Le réservoir à eau, *o* et le récipient à carbure *b* sont placés l'un au-dessous de l'autre ; ils sont réunis par un tube muni d'un robinet *r*; le gaz engendré en *b* se rend dans un gazomètre *a* dont la cloche est reliée, par une corde *c*, au levier *l* servant à manœuvrer le robinet *r*. Quand la cloche *a* s'élève, le robinet *r* est fermé automa-

tiquement et l'eau cessant d'arriver sur le carbure, la production de gaz s'arrête; lorsqu'elle descend, le robinet est manœuvré en sens contraire, et l'eau, tombant sur le carbure, dégage une nouvelle quantité de gaz, ce qui fait remonter la cloche et, par conséquent, fermer le robinet.

Pour éviter que l'eau n'arrive en quantité indéterminée et en temps inopportun sur le carbure, M. Dickerson adopte le dispositif suivant : l'axe du robinet est muni d'un contrepoids placé en *o* (fig. 25); lorsque ce contrepoids, entraîné par le mouvement de la cloche, a dépassé la verticale dans un sens ou dans l'autre, il bascule et ainsi ouvre ou ferme brusquement le robinet, pour une position déterminée de la cloche. Le robinet, par la disposition connue représentée en figure 26, ne laisse d'ailleurs tomber qu'une quantité d'eau déterminée à chaque opération.

Il est évident que la corde qui relie la cloche du gazomètre au robinet peut être remplacée par tout autre organe de transmission mécanique; ainsi, dans les appareils suivants, les inventeurs ont employé des leviers, des crémaillères actionnant des roues dentées, ce qui ne change évidemment rien au principe.

45. *Appareil Janson et Leroy.* — Dans cet appareil (fig. 27), l'eau est contenue dans un réservoir élevé, et le carbure dans deux récipients fermés placés plus bas. Le robinet R, qui établit la communication entre eux, est maintenu fermé par un ressort. Lorsque la cloche du gazomètre descend, un doigt D, dont elle est munie, ouvre ce robinet. Un seul des récipients à carbure est utilisé à la fois; le second est isolé au moyen des robinets *r* et *ρ* dont il est muni. Lorsque le carbure du premier récipient est épuisé, la cloche, en ouvrant le

robinet R, ne fait plus dégager de gaz ; elle continue donc à descendre et fait alors retentir une sonnerie électrique. On est ainsi averti qu'il faut changer le carbure ; il suffit de fermer les robinets du premier récipient, d'ouvrir ceux du second, pour que l'appareil reprenne sa marche. Pendant que le carbure du second récipient

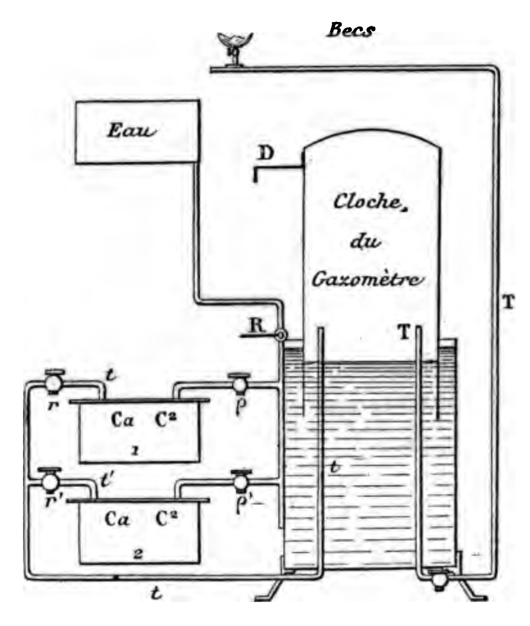


Fig. 27.
Appareil Janson et Leroy.

s'épuise, on recharge le premier, on obtient ainsi une marche continue.

46. *Appareil Bon.* — La manœuvre du robinet *r*, d'admission de l'eau sur le carbure, est également effectuée par la cloche du gazomètre. Cet appareil présente plusieurs dispositifs intéressants.

Le réservoir à eau C, placé au-dessus du gazomètre,

est muni d'un tube de niveau; si l'on a mis dans ce réservoir une quantité de liquide proportionnelle au poids de carbure placée en E, on sera averti par le volume d'eau dépensé de la quantité de carbure qui reste encore à traiter.

L'eau s'écoule par le tube G et tombe dans l'entonnoir G′ qui, par un tube deux fois courbé *i*, la conduit sur le

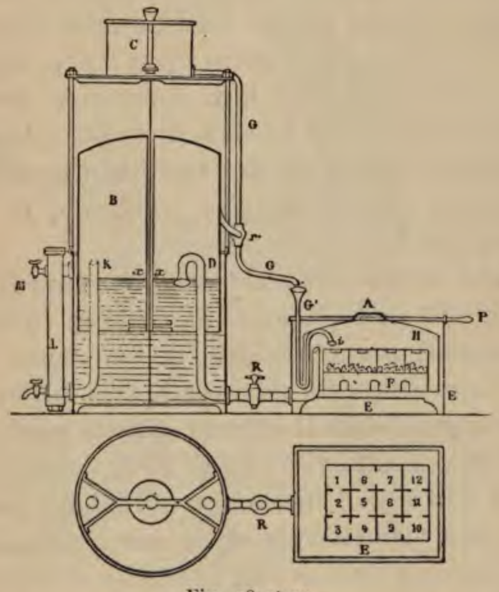


Fig. 28 et 29.
Appareil Bon. — Coupe transversale et plan.

carbure. Ce tube se remplit d'eau qui forme un joint hermétique et empêche le gaz de s'échapper; l'avantage de cette disposition est de permettre la surveillance de l'écoulement d'eau en G′.

Enfin, le carbure est disposé dans un seau F, qui est formé de compartiments séparés, 1 à 12; chaque compartiment contient un poids de carbure tel que le gaz qu'il dégage lorsqu'il est complètement mouillé puisse juste

remplir la cloche du gazomètre sans la faire déborder. Si, à un moment donné, l'eau arrive en trop grande quantité, elle n'attaquera le carbure que dans un seul compartiment et ne pourra par conséquent pas causer de surproduction. Chaque compartiment communique avec le précédent et le suivant par une petite échancrure pratiquée à sa partie supérieure.

L'eau tombe du tube *i* toujours en haut du premier casier ; elle descend vers le fond de celui-ci en décomposant le carbure qu'il contient ; peu à peu, elle s'élève jusqu'au moment où, tout le carbure étant décomposé, elle atteint le niveau de l'échancrure ; elle pénètre alors dans le second casier qu'elle remplit progressivement pour pénétrer ensuite dans le troisième, et ainsi de suite, jusqu'au dernier.

Le seau à carbure est placé dans une cuve E, remplie d'eau, qui sert de réfrigérant et de joint hydraulique ; il est recouvert par une clocle H, maintenue par une barre P. Le montage est ainsi rendu très facile.

Le gaz engendré en H se rend dans le gazomètre par le tube D dont l'extrémité plonge dans l'eau de la cuve, où le gaz doit ainsi barboter, ce qui lui fait perdre une partie de son ammoniaque et de son hydrogène phosphoré. Il se rend ensuite aux appareils d'utilisation par le tube K et la colonne d'épuration L dont nous avons déjà parlé (§ 39).

47. *Appareil Souriou.* — M. Souriou évite les surproductions par un procédé analogue mais plus absolu : les charges de carbure, d'un poids suffisant pour dégager un volume de gaz égal à la capacité de la cloche du gazomètre, sont contenues chacune dans un récipient séparé ; tous ces récipients sont disposés autour de la cuve du gazomètre, à sa partie inférieure ; ils communiquent

avec elle par une nourrice E et un tuyau T muni d'un robinet R que la cloche du gazomètre ouvre automatiquement par un système de leviers et de déclics, comme le représente la figure 30, ou par un système de contacts électriques avec distributeur à rochets. Lorsque le

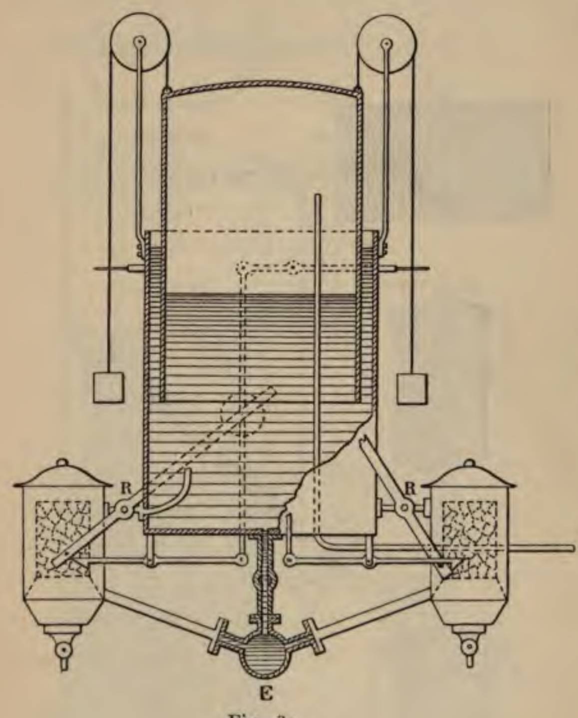


Fig. 30.
Appareil Souriou.

robinet R, est fermé l'eau ne peut pénétrer dans le récipient correspondant par suite de la pression intérieure de l'air; lorsque ce robinet est ouvert, l'eau vient au contact du carbure et décompose toute la charge, ce qui fait remonter la cloche en haut de sa course. Tous les récipients sont mis en service à tour de rôle, automatiquement.

Cet appareil assez compliqué offre le grave inconvénient de fournir de l'acétylène mélangé de l'air contenu dans les récipients à carbure.

48. *Appareil Clausolles.* — Dans cet appareil (fig 31),



Fig. 31.
Appareil du docteur Clausolles.

la manœuvre du robinet est faite par une corde, comme dans l'appareil Dickerson; le robinet cependant est un robinet ordinaire; le réservoir à eau est muni d'un

niveau, comme dans l'appareil Bon ; enfin, une sonnerie électrique avertit, comme dans l'appareil Janson et Leroy, quand le carbure est épuisé.

La cloche du gazomètre porte un tube T, ouvert à ses deux extrémités et de même hauteur que la cloche ; il est taillé en sifflet à sa partie inférieure. Lorsque la cloche, par suite d'une surproduction de gaz, s'élève trop, cette

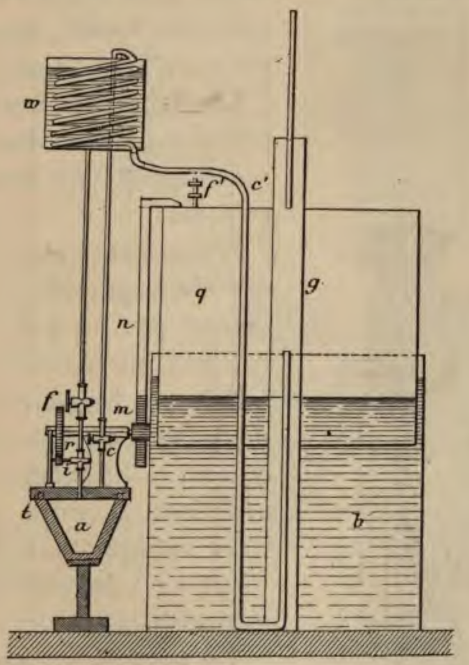


Fig. 32.
Appareil Voigt.

partie inférieure du tube sort de l'eau et le trop-plein de gaz s'échappe dans l'atmosphère.

Cet appareil a reçu le nom espagnol de Luz Solar (lumière du soleil).

49. *Appareil Voigt.* — Cet appareil ne diffère des précédents que par l'emploi d'une crémaillère et de

roues dentées substituées à la corde pour la manœuvre des robinets, et par l'emploi d'un serpentin réfrigérant (fig. 32).

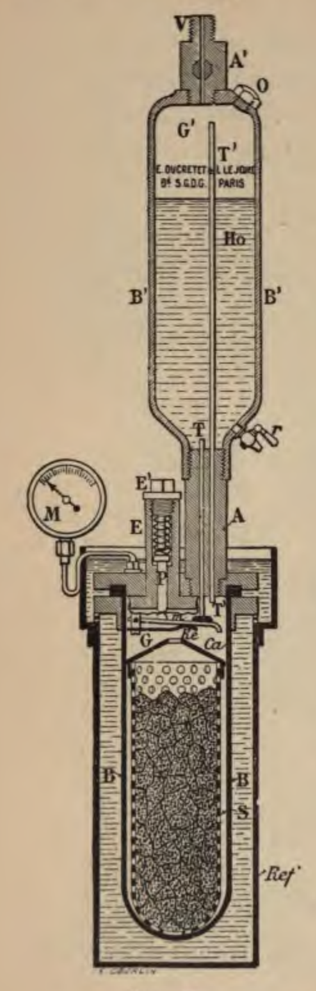


Fig. 33.
Appareil Ducretet et Lejeune pour la préparation de l'acétylène comprimé ou liquéfié.

50. *Appareils Ducretet et Lejeune.* — MM. Ducretet et Lejeune ont été parmi les premiers à chercher un gazogène pratique. Leurs appareils ont été très bien étudiés.

La figure 33 représente un premier modèle destiné à fournir du gaz à une pression quelconque.

L'eau, contenue dans un réservoir supérieur B, peut s'écouler par un tube T sur le carbure placé dans la partie inférieure du générateur, dans un panier en tôle perforée S, enfermé lui-même dans un récipient B noyé dans l'eau d'un réfrigérateur *Ref*, qui en empêche les échauffements excessifs.

Un tube T′ met en communication la partie inférieure du récipient à carbure et la partie supérieure du réservoir à eau. La prise de gaz se fait en V, au sommet du réservoir B′.

Le tube T peut être obturé par un tampon placé sur un levier qu'un léger ressort *Re* tend à pousser constamment

vers le haut ; ce levier appuie sur une membrane élastique *m* qui est poussée par une tige P soumise à l'action d'un ressort à boudin E. La tension de ce dernier est réglable par un écrou E′; elle doit dépasser celle du ressort *Re* d'une valeur proportionnelle à la pression qu'on veut donner au gaz.

Quand la pression intérieure en B est nulle, au début, la membrane *m* poussée par le ressort E chasse le levier *Re* vers le bas; le tube T est alors ouvert; de l'eau s'écoule sur le couvercle *Ca* du seau S et tombe vers le bas de celui-ci où elle attaque le carbure. L'acétylène se dégage, et la pression augmente jusqu'à ce qu'elle équilibre la poussée du ressort E sur la membrane. A partir de cet instant, un excès de pression fera fermer le tube T et arrêtera la production du gaz, tandis qu'une diminution de pression permettra à l'écoulement d'eau de reprendre.

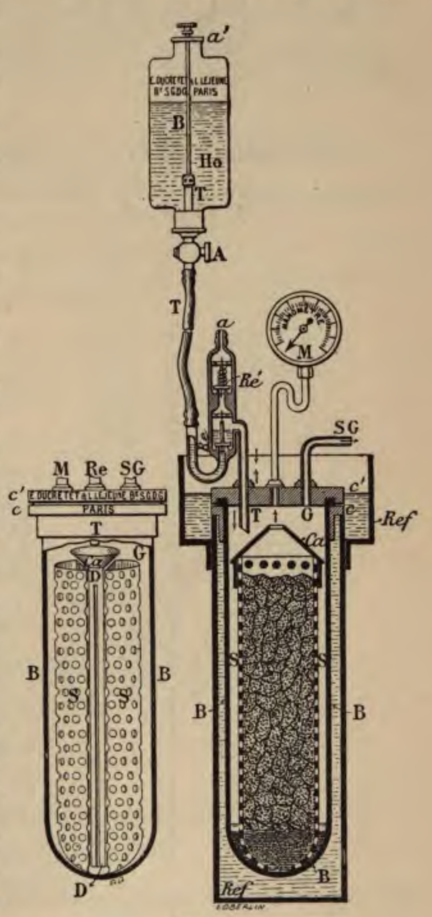


Fig. 34.
Appareil Ducretet et Lejeune pour la préparation de l'acétylène sous faible pression.

La figure 34 représente un appareil destiné à fournir de

l'acétylène sous une pression moins élevée que le précédent. Le principe est toujours le même, mais la pression est déterminée par la hauteur du réservoir à eau B, la pression de l'eau et celle du gaz agissant en sens inverse sur la soupape *Re* qui admet l'eau sur le carbure.

51. ***Gazogène Gabe.*** — L'appareil Gabe est basé sur le même principe que celui de Ducretet et Lejeune ; il

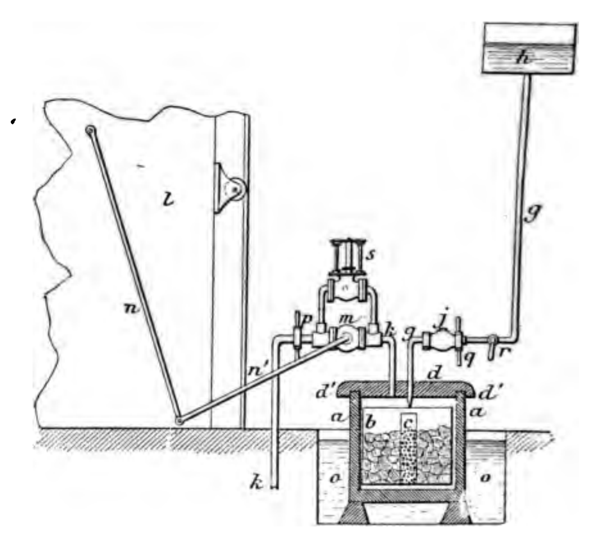


Fig. 35.
Appareil Gabe pour usine à gaz.

est disposé pour une production industrielle en grand et est bien étudié.

L'eau provient d'un récipient *h* (fig. 35) dont la hauteur est déterminée par la pression qu'on désire donner au gaz. Elle se rend sur le carbure par un tuyau *gg*, sur le trajet duquel est placée, en J, une soupape à fonctionnement automatique. Le carbure est placé dans un récipient

métallique *b* qui peut être facilement nettoyé ; ce récipient est renfermé dans une cuve *a* fermée hermétiquement par un couvercle *p* à joints en caoutchouc *d' d'* et qui est placé lui-même dans une cuve à eau *oo* servant au refroidissement. L'eau arrive au centre du récipient *b* dans un tube en toile métallique ou en tôle perforée qui la répartit sur le carbure.

Le gaz dégagé se rend par un tube *k* dans un gazomètre *l* de grandes dimensions.

Lorsque la pression du gaz dépasse la limite prévue, la soupape J se ferme automatiquement, ce qui a pour effet d'arrêter l'arrivée de l'eau et de suspendre la production du gaz.

Si le gazomètre *l* contient une trop grande quantité d'acétylène, en se soulevant, sa cloche ferme, par une tige *n* et un levier *n'*, le robinet *m* d'introduction du gaz dans cette cloche. La pression augmente dès lors dans la cuve *a* et la soupape J se ferme.

Dans tous les cas, si la pression devient trop forte, une soupape de sûreté *s*, placée sur le tube *k*, laisse dégager le trop-plein d'acétylène.

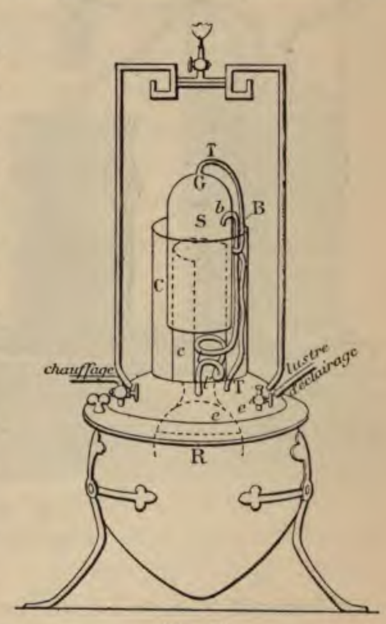


Fig. 36.
Appareil Tiroloy.

52. *Appareil Tiroloy.* — Dans cet appareil, l'eau provient d'un réservoir supérieur et se rend sur le carbure par un tube capillaire *bt'* recourbé en siphon. Ce siphon est monté sur une cloche de gazomètre G qui plonge

dans le réservoir à eau ; lorsque la cloche s'élève, le siphon cesse d'être amorcé et la production de gaz s'arrête ; quand la réserve de gaz diminue, la cloche baisse et le siphon s'amorce à nouveau. Pour éviter que l'attaque du carbure se fasse toujours à la même place, une calotte métallique *e*, percée de trous, répartit le liquide sur toute la surface du carbure.

53. *Appareil d'Humilly.* — L'appareil d'Humilly, qui est un des premiers construits, se rapproche beaucoup

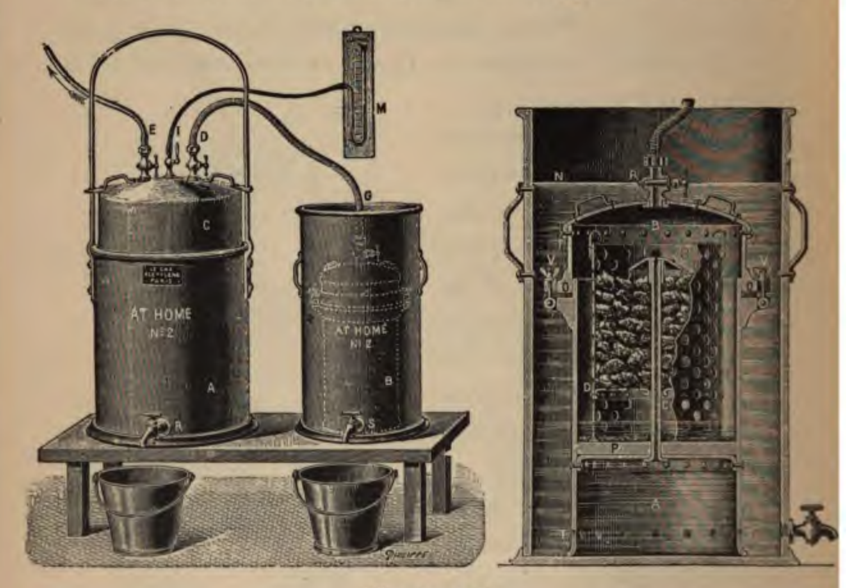


Fig. 37 et 38.
Appareil d'Humilly.

du briquet de Gay-Lussac ; seulement l'eau et le carbure sont mieux séparés et le liquide, au lieu d'arriver en grande quantité à la base du carbure, est conduit par un tube C jusqu'au sommet du carbure, et un chapeau conique I le répand dans toutes les directions (fig. 38). Une masse de plomb P sert à maintenir le récipient à P

carbure AB au fond du réservoir à eau. Le gaz engendré se rend dans un gazomètre (fig. 37) qui sert à amortir en partie les irrégularités de l'attaque.

L'eau contenue dans la cuve extérieure sert à la fois à l'alimentation et à la réfrigération, ce qui est nécessaire, car, l'eau venant en faible quantité sur une grande masse de carbure, il se produit souvent des échauffements excessifs.

54. ***Appareil Exley***. — Cet appareil est basé sur deux principes intéressants : l'attaque du carbure dans des vases communicants qui entrent en service successivement et le réglage automatique de l'arrivée de l'eau par dénivellations du liquide dans un vase séparé suivant la plus ou moins grande production de gaz.

Le carbure est contenu dans des récipients R, qui communiquent avec le réservoir à eau A par des tubes T. Supposons le robinet v fermé et tous les autres, v', v^2, v^3, ouverts.

L'eau se rend en R′ et attaque le carbure ; le gaz qui se dégage se rend par le tube D′ dans la partie supérieure du réservoir A qui est fermée. Le gaz déplace l'eau qui va, par un tube plongeur P, se rendre dans le compartiment supérieur B ; au fur et à mesure que le volume de gaz augmente, le niveau de l'eau baisse en A et monte en B ; lorsque son niveau en A est en dessous de l'ouverture O du tube T, le récipient R′ cesse d'être alimenté et la production de gaz cesse. Pendant la consommation, le gaz s'échappe par le serpentin S où il se dessèche ; lorsque la provision de gaz diminue, le niveau de l'eau en A remonte, atteint l'ouverture O et attaque à nouveau le carbure ; il se produit, dès lors, une oscillation continuelle du liquide dans un sens ou

dans l'autre, suivant l'excès de la production ou de la consommation.

Au fur et à mesure que le carbure en R′ se décompose, l'eau monte de plus en plus dans ce récipient ; elle est à tout instant au même niveau dans les tubes *t* ; lorsque tout le carbure est épuisé, l'eau atteint en *t* le niveau du

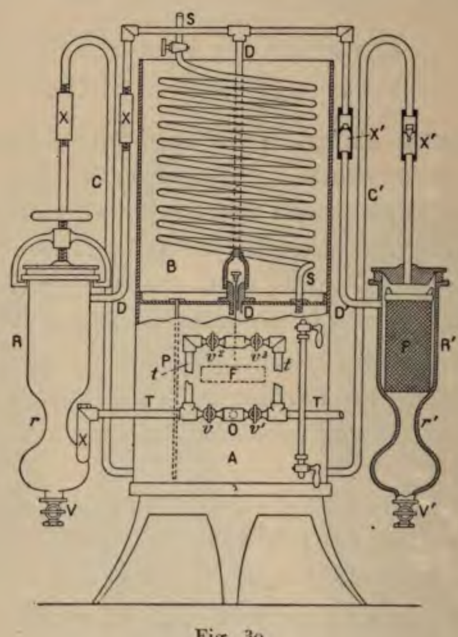


Fig. 39.
Appareil Exley.

tube horizontal v^2 v^3 et se rend par là dans le second récipient R dont elle attaque alors le carbure ; on obtient ainsi une production continue. Pendant qu'un des récipients est en activité, on peut nettoyer et recharger l'autre en l'isolant au moyen des robinets *v*.

Des soupapes X permettent le passage du gaz ou de l'eau dans une direction et l'empêchent dans l'autre afin d'éviter des accidents. C, C′ sont des tubes de sûreté.

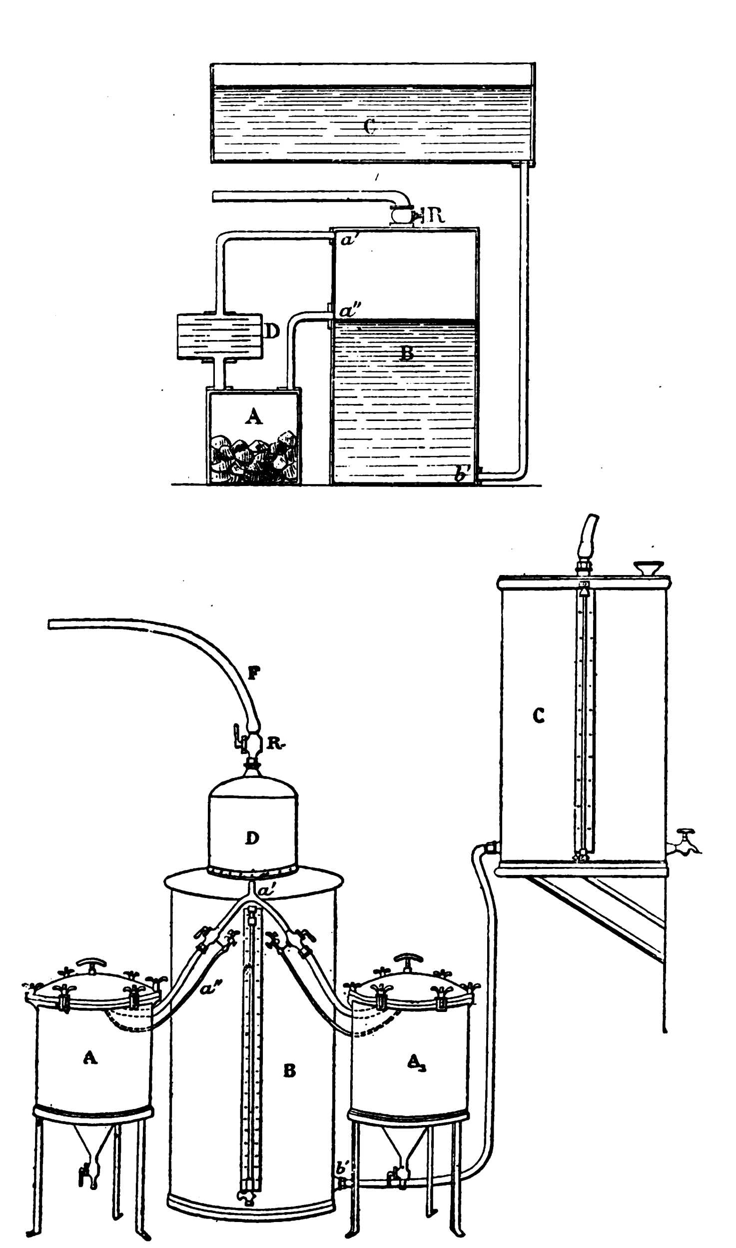


Fig. 40 et 41.
Appareil Ackermann.

55. *Appareil Ackermann.* — L'arrivée de l'eau sur le carbure est réglée par le même procédé que dans l'appareil Exley (fig. 40) ; en disposant des prises d'eau a'' à des hauteurs différentes sur le réservoir à eau B (fig. 41) on peut alimenter successivement plusieurs récipients et obtenir ainsi une production continue en rechargeant un des récipients pendant que l'autre est en service.

Un dessiccateur D, formé de plaques en chicane, sert à condenser l'humidité du gaz qui se dégage.

56. *Appareil Deroy.* — Le gazogène Deroy est basé sur le même principe que les appareils à épuisement

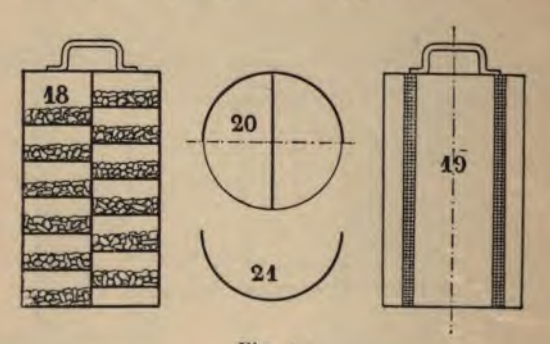


Fig. 42.
Seau à carbure Deroy.

méthodique employés en distillerie et connus sous le nom de diffuseurs. Son fonctionnement est très régulier.

L'eau venant du réservoir 15, alimenté par la bâche 14, s'élève par le tube 6 et passe dans le générateur 1 (fig. 43); le carbure est placé, dans ce générateur, à l'intérieur des cellules d'un seau à compartiments (fig. 42) afin de limiter l'attaque en cas d'arrivée brusque de l'eau. Le gaz qui se dégage passe par la nourrice 4, le tube 8 et barbote dans le laveur purificateur 3 avant de se rendre au gazomètre 17. Sa pression fait bientôt équilibre à la

différence de niveau entre le point 6 et l'orifice 16 du trop-plein du réservoir 15 ; à partir de ce moment, l'arrivée de l'eau sur le carbure est réglée automatiquement par les variations de pression du gaz.

Lorsque la pression est la même en 8, 3 et 9, le niveau du liquide est le même dans les trois branches; si elle augmente en 8, le liquide est chassé en 3 et 9; le gaz

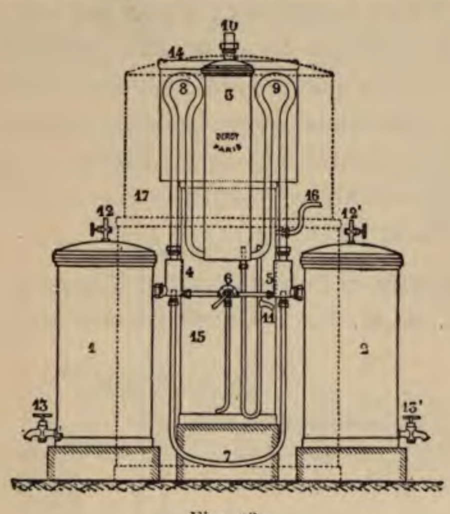


Fig. 43.
Gazogène Deroy.

peut dès lors passer au gazomètre ; si, au contraire, la pression diminue en 8, l'eau remonte dans ce tube et fait équilibre à la pression dans le gazomètre, ce qui empêche tout retour du gaz pendant la marche.

Au fur et à mesure que le carbure en 1 s'épuise, l'eau monte dans ce générateur ; lorsqu'elle atteint le niveau du tube 7, elle passe automatiquement dans le générateur 2, ce qui permet un fonctionnement continu, puisqu'on peut recharger le premier seau pendant que le second est en service, et cela sans manœuvrer un seul robinet.

Si pendant que l'un des générateurs est en service on laisse pénétrer l'air par le côté correspondant en ouvrant le robinet 12 ou en ouvrant complètement le générateur, la pression baissant brusquement, l'eau arrive en grande quantité sur le carbure. Lorsqu'on refermera l'appareil, il en résultera une surproduction notable qui pourrait faire déborder le gazomètre. Cet inconvénient est évité par un dispositif très ingénieux : à une hauteur convenable au-dessus de la cloche du gazomètre est disposé un poids tel que, lorsque la cloche vient le soulever en montant, la pression à l'intérieur du gazomètre soit augmentée de 1 centimètre d'eau. Dès lors, l'arrivée de l'eau est totalement suspendue jusqu'à ce que les conditions normales soient rétablies.

57. ***Appareils O'Conor Sloane, Chesnay et Pillion, Frachebois.*** — M. M. O'Conor Sloane a proposé d'uti-

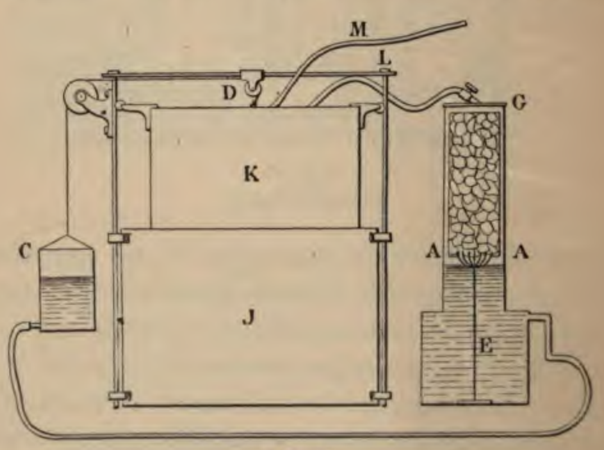


Fig. 44.
Appareil Chesnay et Pillion.

liser les mouvements de montée et de descente de la cloche du gazomètre pour élever ou abaisser le réservoir à eau. Le liquide vient ainsi mouiller le carbure ou se

retire suivant la quantité de gaz contenue dans le gazomètre. La figure 44, qui représente l'appareil de MM. Chesnay et Pillion, identique à celui du vulgarisateur américain, permet d'en comprendre le principe.

M. Frachebois a renversé cette disposition. Le récipient à carbure est placé sur la cloche du gazomètre et le réservoir à eau est fixe.

58. ***Appareil Ragot.*** — Cet appareil, dont il a été beaucoup parlé à un moment, se rapproche des précé-

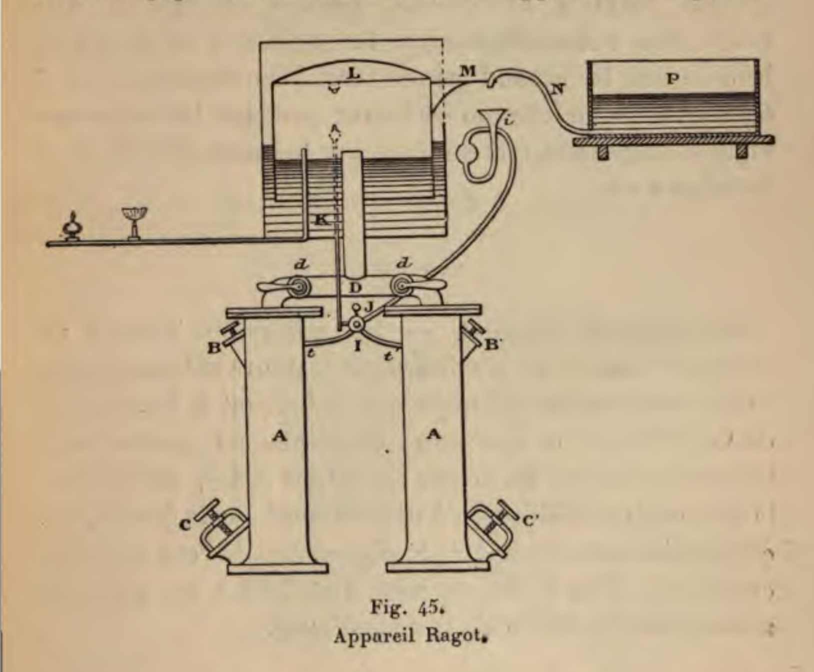


Fig. 45.
Appareil Ragot.

dents, mais il est mieux étudié, en vue d'applications industrielles.

Lorsque la cloche L du gazomètre descend, elle entraîne dans le même sens par une potence M le tuyau souple N, déversoir de l'eau de la cuve P sur le carbure contenu en A et A'. Lorsque le niveau de la cloche L sera

inférieur à celui de l'eau en P, le liquide s'écoulera donc par N, *i*, I et *t* ou *t'* sur le carbure, ce qui engendrera une nouvelle quantité de gaz, fera remonter la cloche et arrêtera la production.

Un seul des générateurs A et A' est en service à la fois; un robinet I, placé à la jonction des tubes *i* et *t*, *t'*, dirige le liquide sur celui des deux qui est en opération. Lorsque le carbure contenu dans celui-ci est épuisé, la cloche I descend de plus en plus et, par un taquet L qu'elle porte à l'extérieur, pousse la tige K qui manœuvre automatiquement le robinet I et dirige le liquide sur le second générateur. Des robinets *d* et *d'* servent à isoler chaque récipient pendant le nettoyage et le changement qui se font par les manches B et C fermées à vis.

2e *classe.*

59. ***Appareil Trouvé.*** — Le gazogène Trouvé se compose d'un ou de plusieurs générateurs automatiques, basés sur le même principe que le briquet à hydrogène de Gay-Lussac, et que nous décrirons en parlant des lampes portatives du même inventeur (§ 80); seulement, le gaz, au lieu d'être brûlé directement sur la lampe, est envoyé dans un gazomètre à volume variable et à pression constante, d'où il est ensuite distribué à un plus ou moins grand nombre de becs brûleurs.

60. ***Appareil Allemano et Stemmer.*** — Cet appareil est aussi basé sur le même principe que le briquet de Gay-Lussac. L'eau venant du réservoir R (fig. 46) monte dans la cuve C en chassant l'air devant elle; lorsqu'elle atteint le carbure, le gaz se dégage et, lorsque la pression de celui-ci est supérieure à celle

qui provient de la différence de niveau du liquide en R et en C, l'eau est refoulée et la production de gaz arrêtée. La pression du gaz peut donc être réglée par la hauteur du réservoir R. Comme le carbure

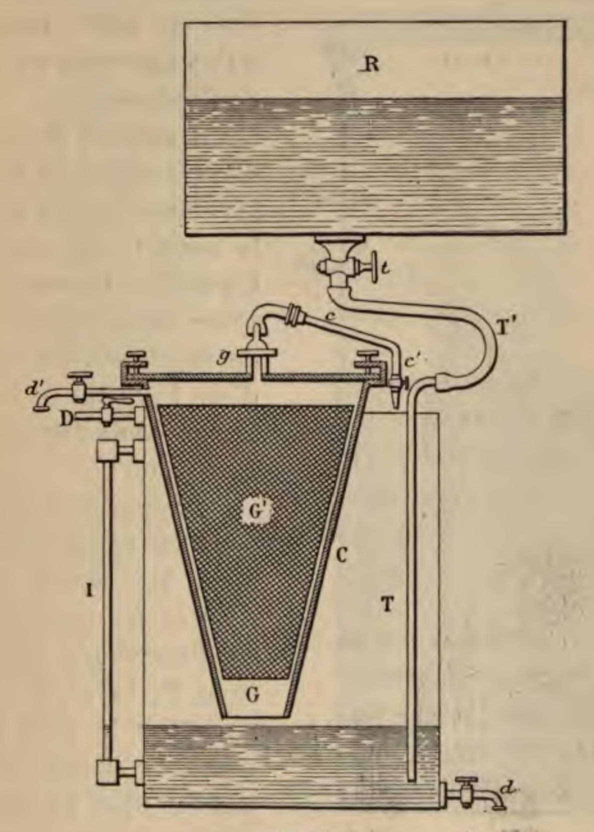


Fig. 46.
Appareil Allemano et Stemmer.

s'épuise peu à peu et que l'eau se décompose, la pression va en diminuant de plus en plus si l'on n'adjoint pas un gazomètre à l'appareil. Les inventeurs ont construit des appareils munis de cet organe.

Pour obvier aux inconvénients résultant de la décomposition partielle du carbure pendant la marche, le récipient G′ est en forme de cône renversé afin que, pour une même dénivellation du liquide, une masse de carbure d'autant plus grande soit attaquée qu'on approche de la fin de l'opération.

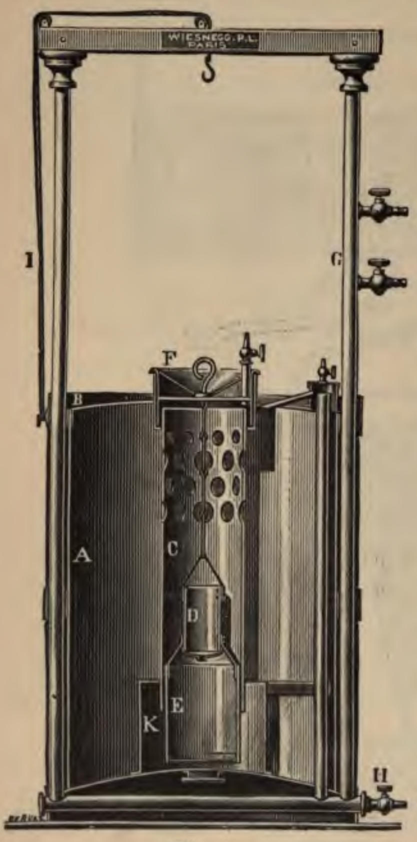


Fig. 47.
Appareil Lequeux.

Un robinet *d′* permet d'évacuer l'air au début; le robinet *d* sert à purger la cuve C de son eau. Un robinet *t* permet d'arrêter le fonctionnement de l'appareil. Un niveau d'eau I permet de suivre la marche de l'opération.

61. ***Appareil Lequeux.*** — Cet appareil sert, dans les cours, pour répéter les expériences sur l'acétylène. Le bouchon F, le seau à carbure D et le seau E qui reçoit la chaux formée par l'attaque du carbure sont solidaires l'un de l'autre ; le bouchon F se place sur la cloche du gazomètre par un joint hydraulique. Le montage est donc très rapide. La cuve contient de l'eau ; celle-ci attaque le carbure qui se décompose ; la cloche monte, ce qui fait cesser la production du gaz ; lorsque celui-ci est consommé, le carbure redescend

au contact de l'eau, ce qui renouvelle la provision de gaz. Cette succession d'opérations se renouvelle jusqu'à épuisement de la charge de carbure.

62. ***Appareil d'Arsonval.*** — L'appareil d'Arsonval est caractérisé par l'emploi d'une couche d'huile à la

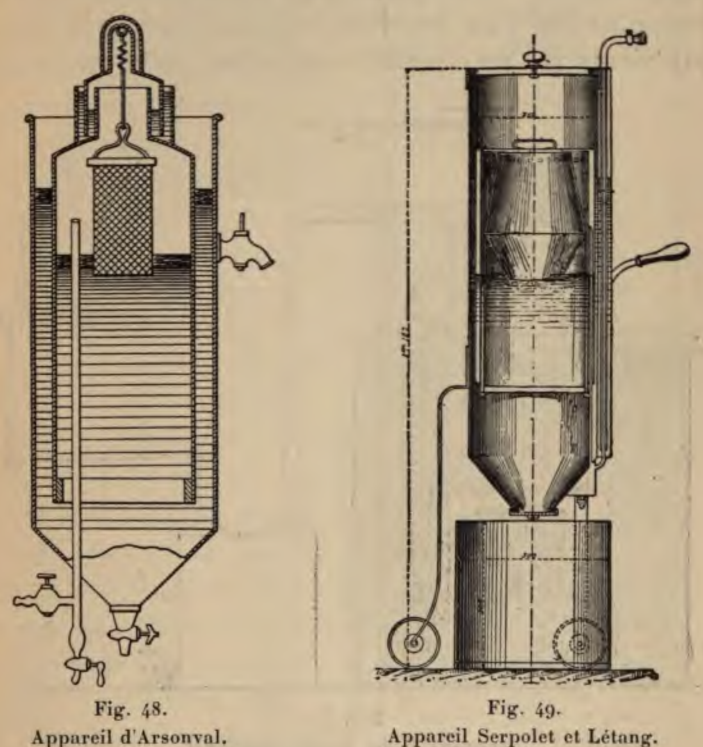


Fig. 48.
Appareil d'Arsonval.

Fig. 49.
Appareil Serpolet et Létang.

surface de l'eau ; le carbure, contenu dans un panier en toile métallique suspendu à la cloche du gazomètre, doit donc, avant de venir au contact de l'eau, traverser l'huile dont il s'imprègne, ce qui a pour effet de régulariser l'attaque par l'eau (§ 41). En outre, l'évaporation de l'eau est empêchée par cette couche d'huile, ce qui

évite la décomposition continue du carbure pendant les périodes de repos.

63. *Appareil Serpollet et Létang*. — L'appareil Serpolet et Létang, qui a été employé pour les essais d'éclairage des voitures de tramways faits à Paris, comprend (fig. 49) une enveloppe cylindrique extérieure munie au bas d'un bouchon à vis et fermée à la partie supérieure par un couvercle ordinaire ; cette enveloppe

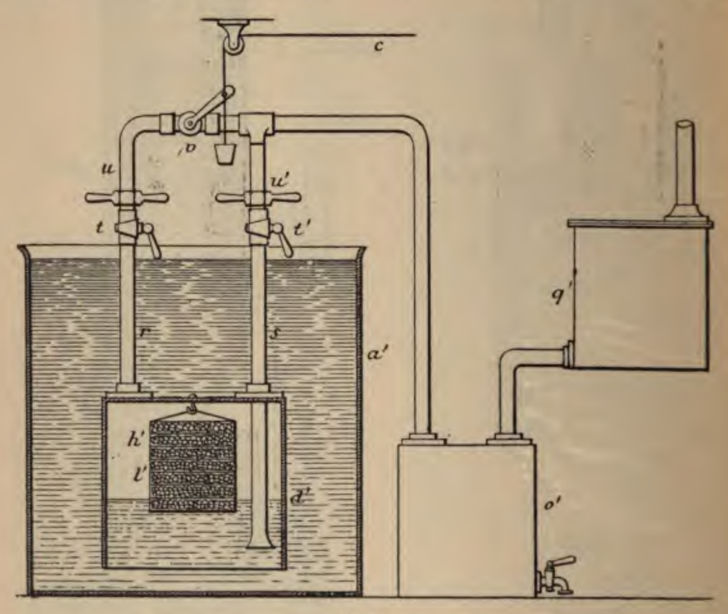


Fig. 50.
Appareil Gabe, modèle industriel.

est en partie remplie d'eau. Elle renferme un gazomètre dont la cloche mobile porte le panier à carbure, en sorte que l'attaque de ce corps est réglée par abaissement du plan d'eau et par élévation du panier à carbure. Ce panier est en toile métallique ; la chaux qui se forme se délite et retombe au fond de l'enveloppe

extérieure, en sorte que l'eau vient toujours en contact avec du carbure neuf.

Un tube en U, muni d'un réservoir intermédiaire pour recevoir l'eau de condensation, conduit le gaz à l'extérieur. La jonction entre ce tube et la canalisation d'éclairage est faite au moyen d'un joint hydraulique, disposition rendue nécessaire par les cahots de la voiture et d'ailleurs très rationnelle.

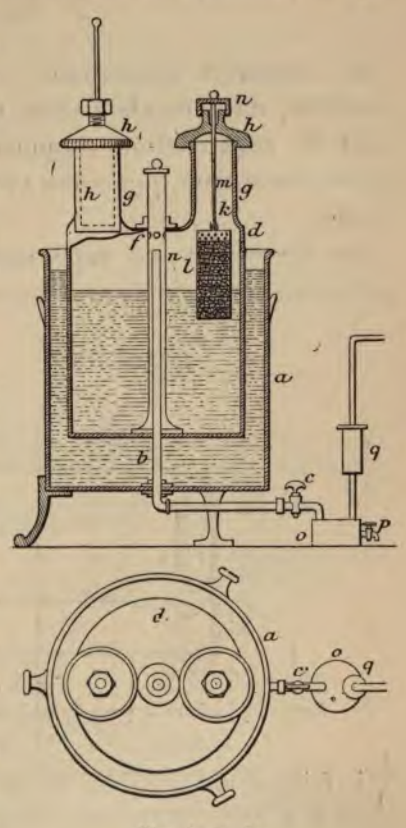


Fig. 51 et 52.
Appareil Gabe, modèle réduit.

64. *Appareil Gabe.* — L'appareil Gabe (fig. 50) est la réalisation industrielle en grand du briquet de Gay-Lussac. Le gaz se dessèche et se purifie en o' et q' avant de se rendre au gazomètre ; ce dernier commande par une corde c la fermeture du robinet v lorsqu'il contient une provision suffisante de gaz ; la pression augmente alors en a' et l'eau est repoussée hors du contact du carbure.

Pour les appareils plus petits, on dispose (fig. 51 et 52) deux ou plusieurs paniers à carbure ayant chacun sa cloche. Pour mettre un des paniers en service, il suffit de l'abaisser au contact de l'eau dans la cuve

intérieure *d*, ouverte par le bas et placée dans la cuve à eau *a*. On peut ainsi recharger successivement les paniers de carbure sans arrêter le débit du gaz.

3e *classe*.

65. *Appareil Dickerson.* — M. Dickerson a fait breveter, en décembre 1894, un appareil de ce genre, dont la construction rappelle celle du gazogène du même inventeur que nous avons décrit précédemment (§ 44).

La figure 53 en représente l'aspect. Le carbure pulvérisé est placé dans la trémie supérieure; le robinet

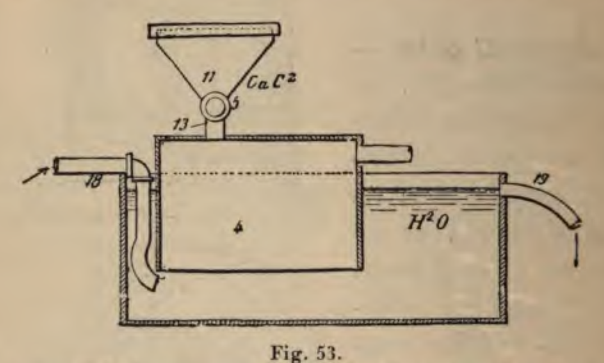


Fig. 53.
Appareil Dickerson pour la projection du carbure dans l'eau.

qui fait communiquer cette trémie (CaC^2) avec la cloche à eau (H^2O) est disposé comme l'indique la figure 26 et commandé de même par la cloche du gazomètre (fig. 25). La cuve à eau est à niveau constant. Le carbure tombe à l'intérieur d'une cloche qui recueille les gaz engendrés.

66. *Appareil Campe.* — L'appareil de Campe est assez compliqué.

Le carbure de calcium pulvérisé est placé dans la trémie *q* par la tubulure Z″ qui peut être fermée par le bouchon à vis C″. L'entonnoir *q* est terminé, au bas, par une tubulure dans laquelle se meut une roue

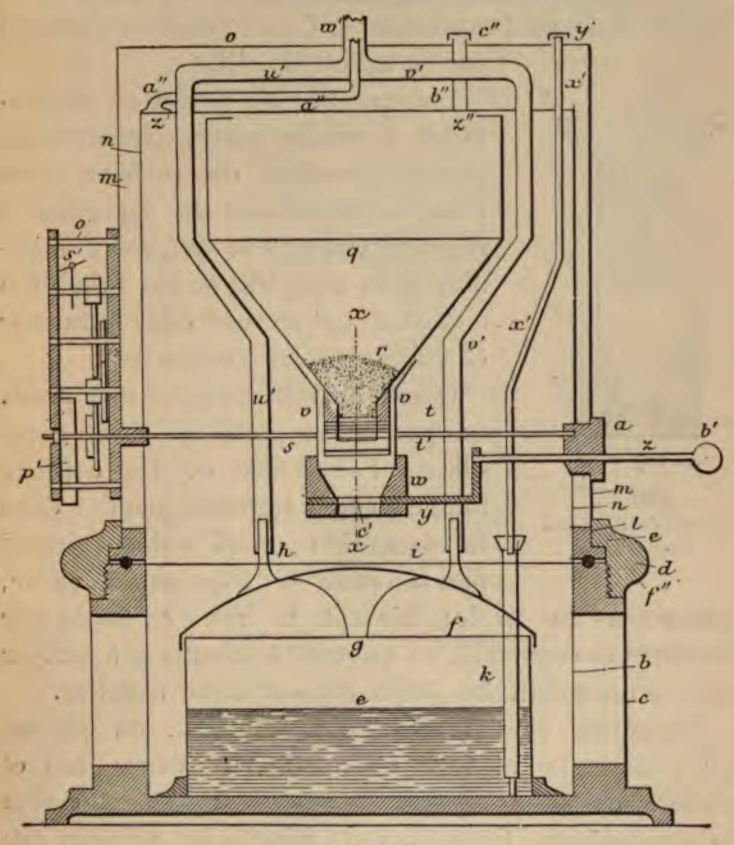


Fig. 54.
Appareil Campe.

à augets *tu*. En dessous de cette roue est une seconde tubulure en entonnoir *w* que peut fermer ou ouvrir un tiroir *g*, manœuvré de l'extérieur par une tige Z qui est terminée par un bouton *b′*. La roue à augets

tu peut être animée d'un mouvement de rotation continu et régulier par un rouage d'horlogerie $p's'$ ou par tout autre moteur.

Dans le fond de l'appareil se trouve le récipient à eau *e*, terminé en haut par un entonnoir *g* placé sous le déversoir de l'entonnoir *q*. Ce réservoir est rempli par la tubulure x'K.

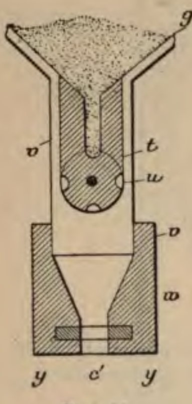


Fig. 55.
Détail du distributeur Campe.

Lorsque la roue *tu* est en mouvement, il tombe successivement des petites quantités de carbure dans l'eau; il en résulte un dégagement régulier d'acétylène qui, par l'entonnoir *g*, le récipient *n*, les tubulures *h* et u', *i* et v' se rend dans le tube *w* et aux appareils d'utilisation.

Quand on veut modérer la flamme, on pousse en partie le tiroir *y* qui obture l'ouverture *w*. Le carbure tombe en moins grande quantité dans le réservoir *e*; celui qui est fourni par la roue *tu* s'accumule en *w*, au-dessus du tiroir; bientôt la roue *tu* frotte sur ce carbure accumulé, ce qui tend à ralentir et à arrêter son mouvement. Le débit devient donc régulier.

Lorsqu'on veut arrêter complètement, on pousse *yz* à fond. Le carbure ne tombe plus dans l'eau et s'accumule en *w* jusqu'à ce que le frottement arrête le mouvement. Pour plus de sûreté, on dispose sur l'axe S de la roue *tu* un taquet d'arrêt t' qui vient s'engager dans *z* lorsque celle-ci est poussée à fond.

Lors de la mise en marche suivante, quand on ouvre le tiroir *y*, tout le carbure accumulé en *w* tombera brusquement en *e*; il en résultera un violent dégagement d'acétylène; la pression nécessaire sera

donc obtenue immédiatement; elle sera ensuite entretenue comme il a été dit plus haut.

67. *Appareil Maréchal.* — L'appareil imaginé par Maréchal est intéressant.

La figure 56 représente les dispositions essentielles.

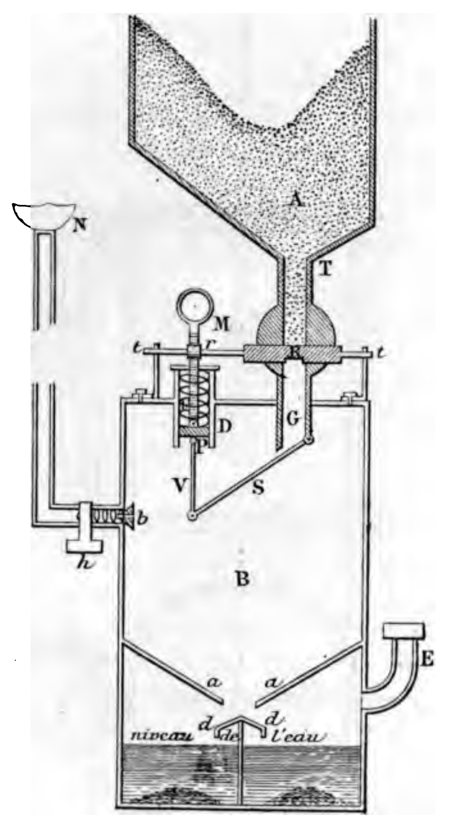


Fig. 56.
Appareil Maréchal.

Le carbure est contenu dans une trémie A; il est pulvérisé de préférence; le déversoir T de la trémie est fermé par un robinet à augets R, qui est actionné par une tige *tt* munie d'une roue dentée *r* qui engrène avec

la crémaillère M ; celle-ci s'élève ou s'abaisse suivant que, la pression intérieure étant plus ou moins forte, le piston P, qui se meut dans le cylindre D et est sollicité

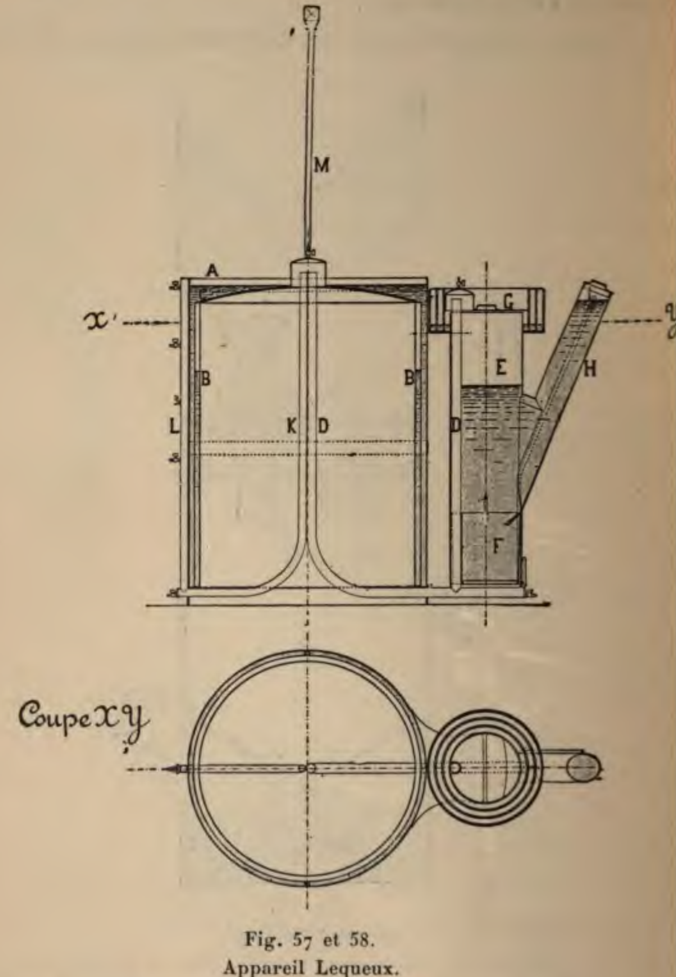


Fig. 57 et 58.
Appareil Lequeux.

par le ressort F, s'élève ou s'abaisse lui-même. Ce piston commande encore par les tiges V et S l'obturation du déversoir G.

Le carbure tombe dans l'eau au fond du vase B en petites quantités ; il est guidé par *a a* et *d d* pour se répartir également ; ces chicanes agissent aussi comme condenseur des vapeurs d'eau.

Le gaz s'échappe en N où il est enflammé ; *b*, *h* est un régulateur de débit automatique et réglable.

On charge l'eau par E.

Le seul défaut de cet appareil réside dans la faible surface du piston P ; la pression résultante est trop réduite, ce qui rend l'appareil paresseux et peu sensible.

68. ***Appareils Lequeux.*** — Le fonctionnement de ces appareils n'est pas automatique.

Le générateur se compose d'un tube E (fig. 57 et 58) rempli d'eau et muni d'une manche inclinée H. Le niveau du liquide en E s'élevant au-dessus de la jonction de la manche H, celle-ci peut être ouverte sans que le gaz contenu en E s'échappe. Le gazomètre est à double cloche afin d'éviter que l'acétylène ne se trouve en présence d'une trop grande quantité d'eau où elle serait absorbée en partie (§ 4). Le couvercle du générateur est à joint hydraulique simple ou multiple suivant la pression du gaz à obtenir. On jette le carbure par la manche H ; il tombe au fond du générateur où se trouve un seau F qui recueille la chaux et facilite le nettoyage. Lorsque le carbure est en menus fragments, on l'enveloppe dans du papier afin que l'eau

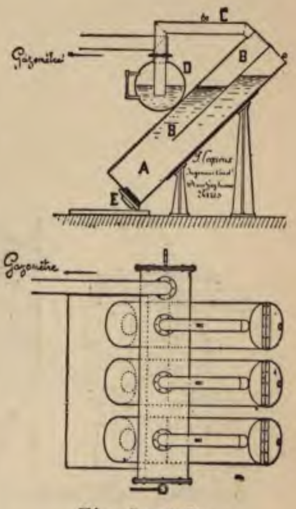


Fig. 59 et 60.
Batterie d'appareils Lequeux.

ne puisse le mouiller qu'après un certain temps de séjour en E; sans cette précaution il se décomposerait presque entièrement en H. L'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil jette plus ou moins de carbure suivant la hauteur de la cloche du gazomètre.

Pour les installations importantes nécessitant un débit considérable de gaz, on peut disposer plusieurs de ces générateurs en batterie, comme le représentent les figures 59 et 60. La manche H est alors remplacée par une séparation BB, pratiquée dans le corps du cylindre A.

69. *Appareil Bullier.* — Le générateur se compose d'un récipient en tôle d'acier de 0,75 m. de haut et de 0,60 m.

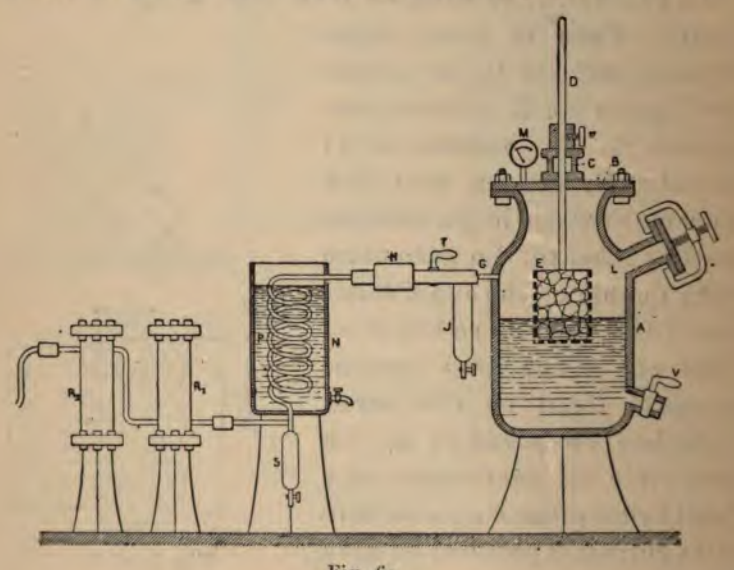


Fig. 61.
Appareil Bullier.

de diamètre ; on le remplit en partie d'eau par la bouche latérale L (fig. 61) ; à travers son couvercle B passe une tige D au bas de laquelle est suspendu un panier en

zinc E, dans lequel on place 5 kilogrammes de carbure.

La tige D peut coulisser dans le couvercle et être fixée à une hauteur convenable par la vis *v*. Le gaz se dégage en G et traverse successivement un réfrigérant à serpentin P et des dessiccateurs R et R*r* contenant de la laine de verre et de la chaux vive. J et S sont des chambres qui reçoivent l'eau provenant de l'humidité condensée de l'acétylène.

La conduite de cet appareil est intermittente ; elle est assez longue.

Il faut d'abord purger l'air qui, en se mélangeant à l'acétylène, pourrait provoquer des mélanges détonants ; pour cela, on provoque un premier dégagement d'acétylène qu'on laisse échapper sans le recueillir. Lorsque l'appareil est purgé d'air, on ferme le robinet T, puis on abaisse la tige D pour amener une partie du carbure en contact avec l'eau ; il faut prendre garde de trop l'abaisser, car si une grande quantité de carbure était mouillée, la pression pourrait atteindre des valeurs dangereuses. Lorsque la pression voulue est obtenue, on ouvre le robinet T et le gaz se rend dans le récipient après s'être desséché et refroidi en P et R.

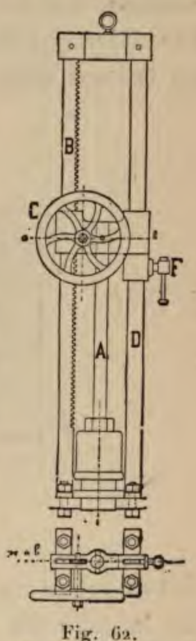


Fig. 62.
Treuil pour la manœuvre du seau à carbure.

Cet appareil étant destiné à fournir du gaz sous haute pression doit être très bien construit. Il faut éviter que, la tige D, venant à glisser, tout le carbure vienne à tomber dans l'eau brusquement. Pour éviter ce danger, M. Lequeux a construit un treuil qui facilite la manœuvre du panier à carbure (fig. 62).

Différents constructeurs, notamment la Société Escher Wyss et Cie, de Zurich, ont construit des appareils à peu près identiques à ceux de M. Bullier.

70. ***Appareil Pictet.*** — L'appareil Pictet n'est pas automatique non plus. La figure 63, qui en représente l'aspect, permet d'en comprendre facilement le fonctionnement. Le carbure est jeté à la main dans l'espace annulaire qui sépare la cloche D de la cuve B. Il barbote un instant dans l'eau où il subit une légère attaque qui

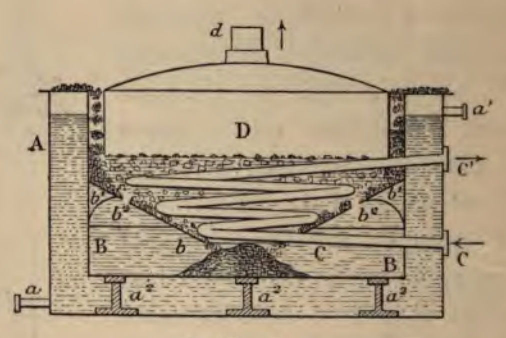


Fig. 63.
Appareil Pictet.

fait dégager en même temps l'air qu'il contient. L'eau de la cuve est refroidie par un serpentin dans lequel circule un mélange réfrigérant. M. Pictet espère ainsi obtenir de l'acétylène plus pur qu'avec tous les autres appareils, puisque le gaz engendré ne contiendra plus d'air et que, l'échauffement étant supprimé, l'acétylène ne pourra subir aucune décomposition.

Cet excès de précautions semble peu nécessaire, puisque dans les appareils de la troisième classe, en raison de l'excès d'eau, la température dépasse rarement 35 ou 38 degrés.

71. ***Appareil Thivert.*** — La bouteille C contenant le carbure de calcium pulvérisé est solidaire de la cloche du gazomètre; elle peut être bouchée par une plaque F, pivotée en G sur le récipient lui-même, et qu'un contre-

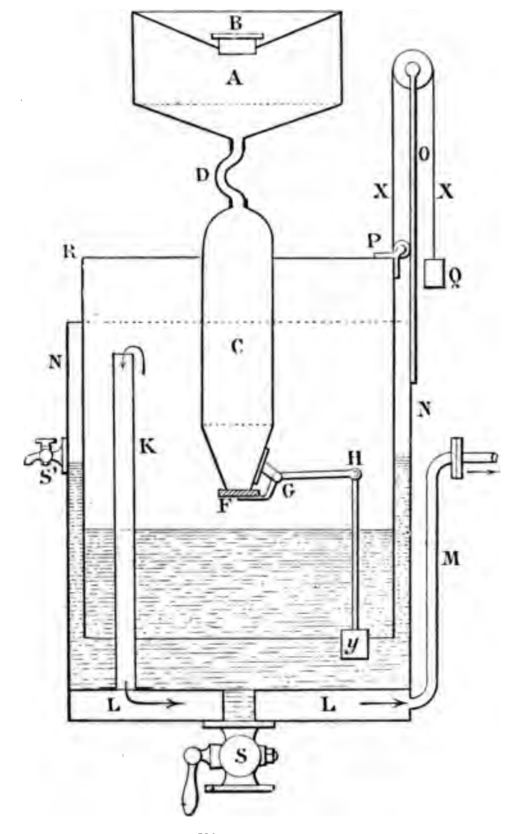


Fig. 64.
Appareil Thivert.

poids y tend à maintenir constamment en place. Tant que la cloche est soulevée, le contrepoids maintient la bouteille fermée; mais lorsque, par suite de la consommation, cette cloche descend, le contrepoids

vient reposer sur le fond de la cuve et l'ouverture du récipient se produit, ce qui permet à une petite quantité de carbure de tomber dans l'eau de la cuve ; la cloche remonte alors et l'écoulement de carbure s'arrête.

72. *Appareil Beau et Bertrand-Taillet.* — L'appareil de Beau et Bertrand-Taillet est identique en principe à

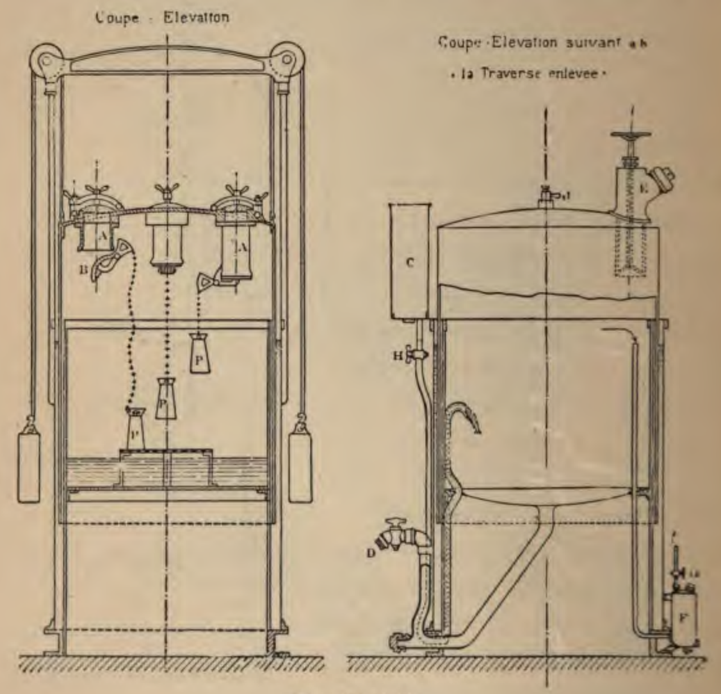


Fig. 65 et 66.
Appareil Beau et Bertrand-Taillet.

celui de Thivert. Seulement, au lieu d'un seul récipient à carbure il en contient plusieurs — 4 ou 7, suivant les dimensions de l'appareil — ; ces récipients ou tubes sont disposés sur la cloche du gazomètre-gazogène ;

les contrepoids qui commandent l'ouverture de la soupape B de chaque tube, sont tous situés à des niveaux différents (fig. 65, 66 et 67). Celui dont la corde est la plus longue est ouvert le premier, et ainsi de suite.

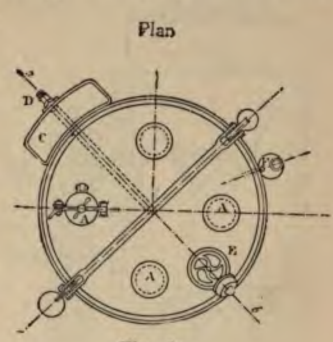


Fig. 67.

La quantité de carbure contenue dans chaque tube (environ 2 kilogrammes) est calculée de façon que la cloche remonte toujours au même niveau quel que soit son point de départ ; le dernier tube contient donc plus de carbure que le premier.

Pour mettre l'appareil en marche, on introduit par E quelques cristaux de carbure, puis en C, de l'eau qui se rend dans la cuve par le tube coudé H. On laisse échapper dans l'atmosphère le premier gaz qui est mélangé d'air ; le fonctionnement est ensuite automatique.

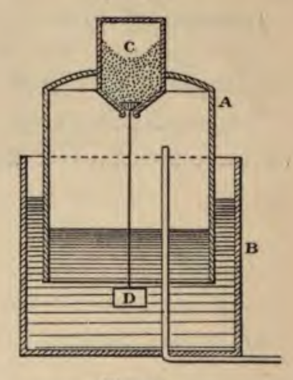


Fig. 68.
Appareil Bonneau.

73. ***Appareil Bonneau.*** — Le carbure en poudre est contenu dans un récipient C solidaire de la cloche A du gazomètre ; il est fermé par un bouchon conique qui est placé au bout d'une tige rigide terminée par un poids D qui maintient le bouchon en place. Lorsque la cloche descend, le poids D vient reposer sur le fond de la cuve B, et, le bouchon se soulevant, un peu de carbure tombe dans l'eau, ce qui fait remonter la cloche.

74. *Appareil Leroy et Janson*. — Dans la plupart des appareils précédents, le récipient à carbure étant solidaire de la cloche du gazomètre, le poids de celle-ci — et partant la pression du gaz — diminue depuis le commencement jusqu'à la fin de la marche. Pour éviter cet inconvénient, MM. Leroy et Janson disposent (fig. 69) le récipient à carbure B sur le bord supérieur de la cuve intérieure. Lorsque la cloche descend, elle pousse la tige L qui ouvre le bouchon conique fermant le vase à carbure. Un ressort R maintient ce bouchon en place tant que, la provision de gaz étant suffisante, la cloche ne vient pas presser sur le bouton C.

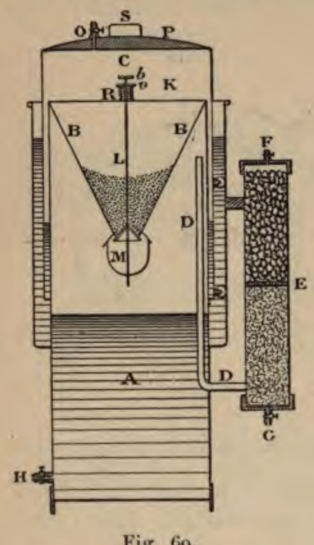


Fig. 69.
Appareil Leroy et Janson.

Le gaz est desséché en E sur de la pierre ponce et du carbure avant d'être utilisé.

CHAPITRE VI

Lampes portatives.

75. ***Considérations générales.*** — Les services que pourrait rendre une lampe à acétylène réellement pratique sont tellement évidents qu'il est inutile d'y insister. Mais les difficultés auxquelles on se heurte dans la construction d'une telle lampe sont très grandes.

1° La lampe doit être d'un faible volume ; pourtant elle doit contenir une provision d'eau et de carbure telle qu'on ne soit pas obligé de la nettoyer et de la recharger plus souvent que tous les 3 ou 4 jours. Cette difficulté est accrue par l'augmentation considérable de volume qui provient de la transformation du carbure de calcium en chaux hydratée.

2° Le mécanisme de réglage devant être mis entre les mains de tous doit être simple et peu susceptible de se dérégler ; cependant, il doit être très sensible, condition indispensable à une production régulière de gaz, afin que la pression ne puisse varier qu'entre des limites très étroites ; en raison du faible volume que doit avoir une lampe portative pratique, toute irrégularité dans la production du gaz se traduit, en effet, par une variation de pression qui, non seulement, fait varier l'intensité de la flamme et peut la rendre fuligineuse, mais encore

peut entraîner des accidents par suite des trop fortes pressions ou des fuites de gaz dans l'atmosphère. Il est évident, en outre, que la production d'acétylène doit être complètement arrêtée lorsque la lampe n'est pas allumée.

3° L'acétylène, immédiatement après sa production, est chargé d'impuretés et de vapeur d'eau qui nuisent à la pureté et à l'éclat de la flamme, peuvent causer des accidents et sont toxiques.

4° L'appareil doit être facilement démontable et remontable, afin que le nettoyage et le remplissage puissent s'effectuer commodément; pourtant, il doit être absolument hermétique.

Toutes ces conditions sont assez difficiles à réaliser dans un appareil de faibles dimensions. Ceux qui ont expérimenté des lampes portatives n'ont pas tardé à s'en rendre compte.

Dans les descriptions suivantes, nous adopterons le même mode de classement que pour les gazogènes.

1re *classe.*

76. *Lampe Ducretet et Lejeune.* — La lampe portative de MM. Ducretet et Lejeune est construite sur le même principe que les gazogènes des mêmes inventeurs (§ 50).

Le carbure est placé à l'intérieur d'un récipient fermé G (fig. 70), dans un panier en tôle perforée S. Ce récipient est placé dans le corps de la lampe qui est rempli d'eau qui sert à l'alimentation et au refroidissement. L'eau pénètre en G par le tube D qui est muni en Re d'une soupape qui tend à s'ouvrir sous la pression de l'eau provenant de la différence de niveau entre Co et Re, et à se fermer par la pression du gaz à l'intérieur du récipient G. Lorsque la pression du gaz et trop faible,

la soupape s'ouvre et de l'eau s'écoule le long des parois extérieures de ce tube, pour aller attaquer le carbure de bas en haut. L'humidité du gaz se condense sur les plateaux *ch*. Re′ est une soupape de sûreté, Re″ un régulateur de pression.

77. *Lampe Claveureul et Guépin.* — Cette lampe a reçu le nom de « Lampe-Soleil » ; l'appareil régulateur, qui a été inventé par M. Goubet, peut fonctionner automatiquement ou à la main.

Le réservoir à eau O (fig. 71) et le carbure *m* sont

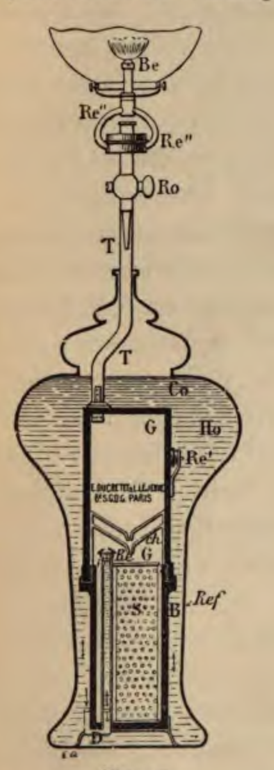


Fig. 70.
Lampe Ducretet et Lejeune.

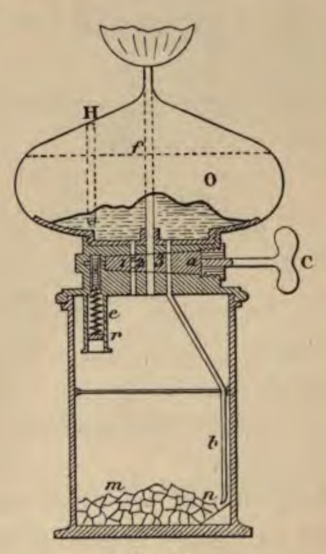


Fig. 71
Lampe-Soleil.

séparés par un robinet spécial *a*, C, muni de trois lumières, 1, 2, 3, correspondant à trois tubes faisant communiquer la partie supérieure de la lampe avec le corps inférieur. Ce robinet peut être manœuvré auto-

matiquement par un piston *r* qui se meut dans un cylindre *e*, de bas en haut sous la pression du gaz et de haut en bas sous la pression d'un ressort ; la tige de ce piston porte à sa partie supérieure une crémaillère qui engrène avec un pignon fixé sur l'axe du robinet.

Les trois lumières du robinet sont percées suivant des rayons différents ; les tubes correspondants sont tous verticaux ; dans la position d'allumage, le passage de l'eau 3 et le passage 2 du gaz au brûleur sont complètement ouverts ; le troisième passage est complètement fermé (fig. 72) ; si la pression augmente, le passage de l'eau se rétrécit de plus en plus jusqu'à être complètement fermé, et le passage 1 tend à s'ouvrir de plus en plus, pour laisser le gaz s'échapper dans l'atmosphère en H. La lumière 2 est évasée de façon que le gaz puisse toujours passer, tant que le robinet n'est pas complètement fermé.

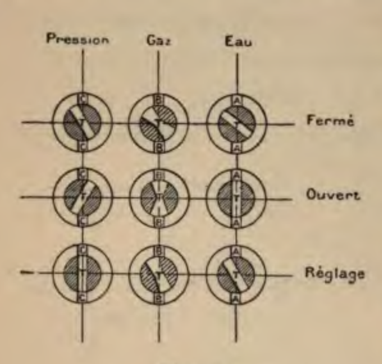


Fig. 72.
Détails du robinet.

Le réglage peut s'effectuer aussi à la main au moyen de la clé C.

Le principal défaut de cette lampe, c'est que la force mise en jeu par le petit piston *r* est beaucoup trop faible par rapport aux résistances qu'offre le mouvement du robinet dans son boisseau. Il est, en outre, très difficile d'obtenir sans frottements excessifs une étanchéité absolue entre le piston et le cylindre, en sorte que la pression du gaz tend à s'égaliser sur les deux faces du piston.

78. *Lampe Rossbach-Rousset.* — Cette lampe est beaucoup trop compliquée. Le carbure est contenu dans un récipient *o* (fig. 73), qui est suspendu à ressort. Ce récipient est placé dans une cloche intérieure *b* qui porte l'ajutage de sortie du gaz *f* et dans l'intérieur de laquelle est contenue aussi une caisse à eau *g* qui peut être remplie du dehors. Cette cloche *b* est placée dans une cuve *a* qui est en partie pleine d'eau ; elle communique avec cette dernière par le bas.

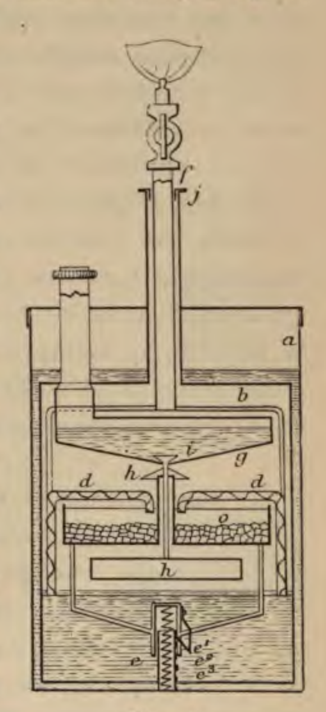


Fig. 73.
Lampe Rossbach-Rousset.

Des mèches *d*, contenues dans des tubes, plongent dans l'eau qui monte par capillarité sur le carbure et le décompose. Lorsque la pression à l'intérieur de *b* est trop forte, elle refoule l'eau dans la cuve extérieure et, les mèches *d* ne trempant plus, la production du gaz est arrêtée. Si la pression devient au contraire trop faible, l'eau s'élève dans cette cloche jusqu'au flotteur *h* qui soulève alors la soupape *i* fermant la cuve *g* ; une pluie de liquide tombe alors de cette cuve sur le carbure, ce qui fait remonter la pression presque instantanément. On peut arrêter la production en gaz en soulevant les mèches *d* solidaires du tube *f* qui coulisse dans la boîte à étoupes *f*.

La lampe de M. Kratz-Boussac se rapproche beaucoup de la précédente, mais est plus simple. Elle se compose d'une enveloppe cylindrique en métal dont le couvercle

mobile porte un cylindre métallique complètement ouvert par le bas et d'une hauteur un peu plus faible que celle du corps extérieur. Un troisième cylindre mobile, ouvert par le haut et fermé par le bas, reçoit le carbure de calcium en morceaux ; il se place au centre de la lampe. Une mèche de coton qu'on peut élever ou abaisser à la main par une tige extérieure réunit le cylindre central avec l'espace annulaire existant entre ce dernier et le cylindre mobile avec le couvercle. L'eau se place dans le corps extérieur; elle s'élève au même niveau dans l'espace annulaire puisqu'ils communiquent tous deux par le bas. L'eau s'élève par capillarité dans la mèche et ne tarde pas à retomber sur le carbure ; la pression du gaz engendré chasse l'eau dans le corps extérieur, ce qui modère ou arrête la production de gaz en empêchant la mèche de tremper dans le liquide. Pour arrêter complètement, il suffit de relever la mèche par la tige extérieure dont nous parlions plus haut.

79. ***Lampe Gossart et Chevallier.*** — L'eau tombe goutte à goutte d'un réservoir supérieur sur le fond de la lampe qui contient du carbure de calcium, en traversant des tubes capillaires plusieurs fois recourbés.

Quand la pression du gaz est insuffisante, une goutte d'eau tombe pour former du gaz ; quand, au contraire, la pression devient suffisante, l'équilibre s'établit entre la somme des pressions hydrostatique et capillaire de la goutte d'eau, d'une part, et la pression du gaz d'autre part, et il y a arrêt de la formation du gaz jusqu'à ce qu'une nouvelle quantité d'eau soit nécessaire.

On évite ainsi tous les mécanismes compliqués qui donnent d'ailleurs une autorégulation beaucoup moins délicate.

Une lampe contenant 150 grammes de carbure donne

une lumière de 10 bougies pendant 3 heures ; elle ne comprend qu'un seul tube capillaire ; si l'on veut obtenir une lumière de 20, 30 bougies, l'écoulement d'eau se fera par 2, 3 tubes.

Le réglage de l'arrivée d'eau par les actions capillaires est excessivement précis et régulier ; le nombre de gouttes d'eau qui tombent dans un temps donné est exactement proportionnel à la consommation de gaz, et il suffit de diminuer la flamme en tournant le robinet pour voir immédiatement les gouttes d'eau tomber à intervalles plus espacés ; lorqu'on ferme le robinet d'échappement du gaz, l'arrivée d'eau cesse complètement et instantanément.

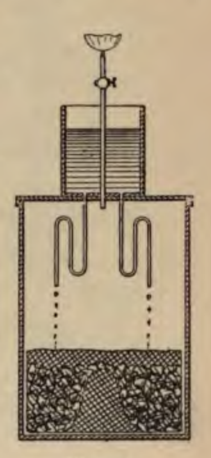


Fig. 74. Lampe Gossart et Chevallier.

Le carbure étant attaqué par une très faible quantité d'eau, la chaux formée est très sèche ; elle s'effrite et tombe sous forme de poussière au fond du corps de la lampe, ce qui évite les surproductions par imprégnation de la chaux et rend le nettoyage très commode. La température mesurée à l'intérieur de la lampe en pleine marche n'atteint pas 50 degrés C. Il ne peut d'ailleurs s'établir de surpression, car, en ce cas d'accident, le gaz formé s'échapperait par les tubes capillaires qui ne sont pas fermés.

Cette lampe est une des meilleures qui aient été construites.

2e *classe.*

80. ***Lampe O'Conor Sloane-Trouvé.*** — M. Willson, dans sa conférence, avait donné le principe des appareils

générateurs fondés sur le briquet de Gay-Lussac; M. O'Conor Sloane avait décrit une petite lampe de démonstration construite simplement avec un verre à boire et un verre de lampe. M. Trouvé reprit la même idée et reconstruisit la lampe que représente la figure 75.

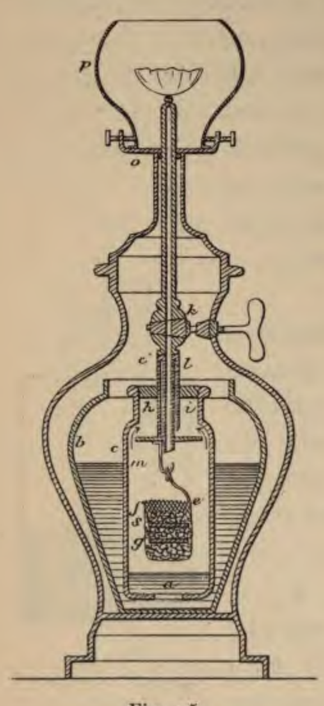


Fig. 75.
Lampe Trouvé.

Le carbure est contenu dans un seau *e* en toile métallique. Il est disposé en plusieurs couches séparées par des plaques de verre afin de régulariser l'attaque; il est placé à l'intérieur d'une bouteille *c* dont le bouchon hermétique laisse passer le tube de dégagement du gaz et dont le fond est percé d'une ouverture *d* dont le diamètre est proportionné au débit du gaz, afin de régulariser l'arrivée de l'eau. La bouteille *c* est suspendue dans un vase *b*, en partie plein d'eau et qui est renfermé dans le corps de lampe. Lorsqu'on ouvre le robinet *k*, l'eau de *b* monte en *c* en chassant l'air devant elle; quand elle vient mouiller le carbure, le gaz qui se dégage fait augmenter la pression et l'eau est refoulée dans le vase extérieur, ce qui tend à arrêter la production. Lorsque le gaz est en partie consommé, l'eau remonte au contact du carbure et provoque un nouveau dégagement de gaz.

Pour arrêter l'humidité dont l'acétylène se charge, M. Trouvé dispose un plateau métallique et deux tubes

concentriques taillés en sifflet et communiquant par une ouverture *i*.

Pour donner au gaz une pression suffisante, on est conduit à donner à la lampe des dimensions énormes, même pour une faible durée d'éclairage. En outre, le carbure est décomposé continuellement par la vapeur d'eau et le débit du gaz est très irrégulier.

La lampe de MM. Létang et Serpollet est analogue, en principe, à celle de Trouvé, quoiqu'elle en diffère légèrement par ses détails de construction. Ce qui la caractérise principalement, c'est l'emploi de carbure préparé sous forme d'agglomérés de carbure et de sucre, suivant le procédé proposé par M. Bullier (§ 41).

81. *Lampe Cerckel.* — Pour éviter de donner à sa lampe des dimensions exagérées, M. Cerckel a adopté l'intéressante disposition que représente la figure 76 et qui rappelle assez la forme des lampes à pétrole.

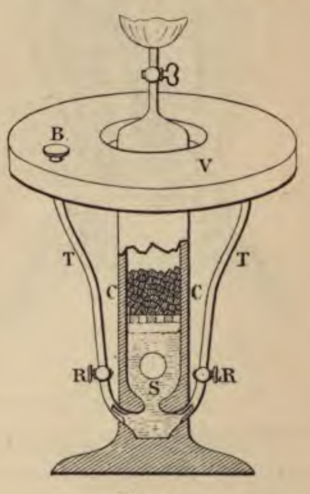


Fig. 76.
Lampe Cerckel.

Son fonctionnement est identique à celui de la lampe Trouvé. L'eau est contenue en V et le carbure en C. Pour éviter qu'un dégagement trop violent de gaz ne chasse l'eau dans les tubes T et ne permette à l'acétylène de se répandre dans le réservoir supérieur, l'inventeur a disposé une soupape à bille S.

Le grave inconvénient de cette lampe, outre ceux qui lui sont communs avec toutes les autres lampes basées sur le même principe,

c'est que les résidus s'accumulent dans le bas de la lampe et bouchent les tuyaux, ce qui nuit au bon fonctionnement et rend le nettoyage très difficile.

82. *Lampe Gearing.* — M. Gearing place simplement dans un vase très résistant, en partie rempli d'eau, un bâton C de carbure enduit d'un vernis hydrofuge qui retarde un peu l'attaque au moment du montage de la lampe. Tout le carbure se décompose en un faible espace de temps, et il se produit dans le corps de la lampe de l'acétylène comprimé qu'on utilise ensuite au fur et à mesure des besoins en le ramenant à la pression voulue au moyen d'un régulateur *i*. Avec un bâton de carbure long de 30 centimètres, de 3 centimètres de diamètre et pesant 450 grammes, on produit 135 à 140 litres d'acétylène qui, dans un cylindre de 10 centimètres de diamètre et de 40 centimètres de hauteur, provoquent une pression de 55 à 60 kg : cm². Un détendeur ramène la pression à la valeur convenable pour l'utilisation.

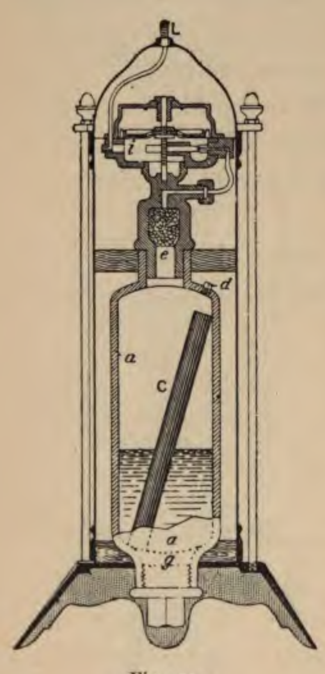


Fig. 77.
Lampe Gearing.

Cette lampe pourrait être dangereuse (chap. VII).

83. *Lampes Allemano et Stemmer.* — MM. Allemano et Stemmer ont cherché à construire une petite lampe

portative sur le même principe que leur gazogène déjà décrit (§ 60) ; avec une charge de 100 grammes de carbure, elle donnerait une durée d'éclairage d'environ 8 heures avec une puissance lumineuse d'environ 5 bougies.

Le corps de la lampe C′ a de préférence la forme représentée en figure 78 : rétrécie au bas et renflée en haut, pour diminuer les variations du niveau de l'eau.

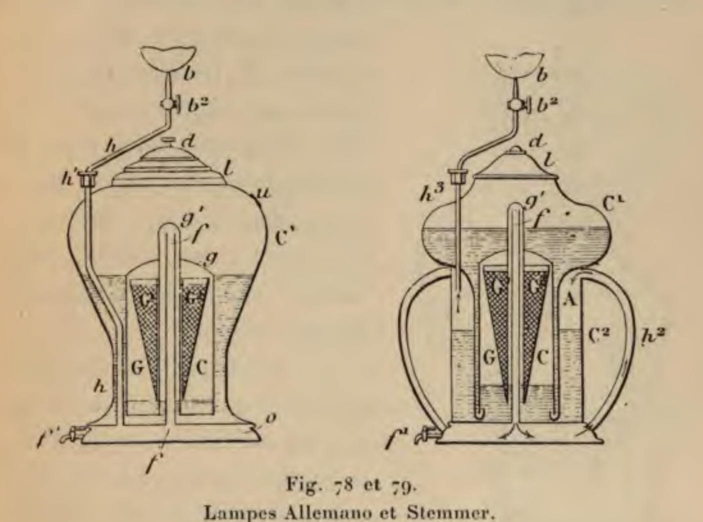


Fig. 78 et 79.
Lampes Allemano et Stemmer.

Pour éviter les trop fortes pressions, on ménage une ouverture *u*, qui établit dans la cloche à eau la pression atmosphérique, et qui est garnie de toile métallique pour éviter les accidents par inflammation.

Dans le modèle représenté figure 79, on a cherché à augmenter la capacité de la chambre à gaz en allongeant la partie rétrécie de C′ et en lui donnant une forme cylindrique ; elle est enveloppée d'un deuxième cylindre plus grand qui lui est soudé. La chambre annulaire A communique au bas avec l'intérieur de C′; l'eau monte

dans l'espace A et le remplirait si, par le tuyau h^2, le gaz de O ne venait refouler l'eau en C'.

Le tuyau h^2 et la poignée se font pendant.

Dans tous les cas, on emploie des réservoirs à carbure en forme de cône renversé pour que la surface de carbure offerte à l'eau soit d'autant plus grande que le carbure est plus épuisé.

84. *Lampe Nou.* — Le capitaine Nou renferme dans sa lampe toute une petite usine à gaz. Il obtient ainsi une pression régulière, mais il doit donner à sa lampe des dimensions énormes, même pour une faible durée d'éclairage ; en outre, cette lampe est peu facilement transportable.

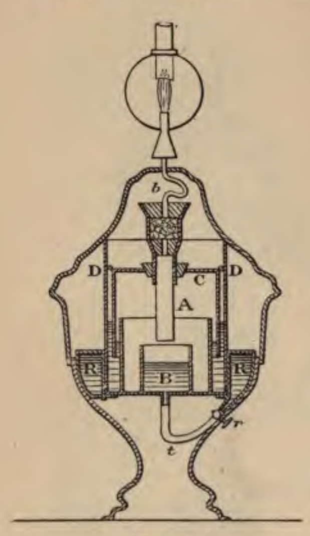


Fig. 80.
Lampe Nou.

Le carbure, coulé sous forme de cylindre ou de bougie A, est fixé à la cloche du gazomètre (fig. 80) ; lorsque celle-ci baisse, le carbure vient plonger dans l'eau de la cuvette B, alimentée par le réservoir annulaire R, placé à l'extérieur. Le tube flexible *b* relie la cloche du gazomètre au brûleur qui est analogue au bec de Bunsen.

3e *classe*.

85. *Lampe Claude et Hess.* — Cette lampe, dite « l'automatique », est la meilleure qui ait été construite jusqu'à ce jour ; elle a donné des résultats satisfaisants.

Le carbure en poudre est placé dans un vase V, au-dessus de l'eau; ce vase a la forme d'un tronc de cône et son ouverture inférieure O peut être fermée par un bouchon conique C; celui-ci est solidaire d'une tige T, guidée en G, et qui, traversant le couvercle de V, vient se fixer dans une douille en métal solidaire d'une membrane en caoutchouc J. Cette dernière est maintenue par pression entre le couvercle B de la lampe et les bords F du corps inférieur; elle sert, par conséquent, à obtenir une fermeture hermétique. Elle est traversée par le tube de sortie du gaz. Elle est pressée vers le bas par un ressort R. Sa grande surface permet de mettre en jeu des forces considérables. Ainsi, avec un diamètre de 8 centimètres, c'est-à-dire une surface de 50 cm², et une pression du gaz de 30 centimètres d'eau, elle supporte une pression de 1 500 grammes environ; c'est la force du ressort R. Une différence de pression du gaz de 1 centimètre d'eau correspond à une différence de pression de 50 grammes sur la membrane, et comme la tige T se déplace sous un effort dix fois plus faible, les variations de pression dans la lampe peuvent donc être aussi réduites que possible; en fait, l'écoulement du

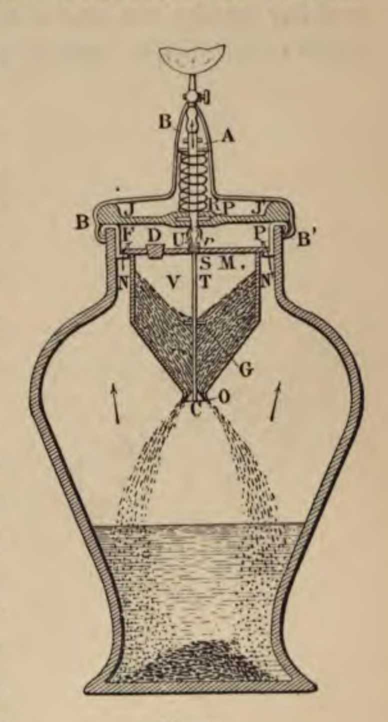


Fig. 81.
Lampe Claude et Hess.

carbure se fait d'une manière imperceptible et presque continue.

Le montage des organes et le nettoyage de la lampe sont très faciles.

Cependant cette lampe n'a pas donné les résultats que ses inventeurs en attendaient, et ils ont cherché une autre solution qui semble préférable (§ 95).

CHAPITRE VII

Acétylène liquéfié et comprimé.

Conditions à réaliser. — L'acétylène se liquéfie facilement, mais il faut prendre différentes précautions pour éviter les accidents qui pourraient se produire par suite des explosions que provoquerait l'échauffement du gaz pendant la compression.

On ne doit pas le laisser se comprimer sous sa propre pression au fur et à mesure qu'il se dégage du carbure parce que, si on ajoute la chaleur de formation à la chaleur de compression, la température devient suffisante pour qu'une partie de l'acétylène se transforme en carbures polymères goudronneux et même pour provoquer la décomposition et l'explosion de la masse gazeuse, comme le prouve l'expérience de M. Pictet (§ 40). Il est indispensable de le refroidir, pendant l'opération, par des agents extérieurs. Les appareils tels que ceux de MM. Ragot, Rousseau, qui sont à peu près identiques en principe à la lampe Gearing (§ 82), pourraient donc causer des explosions redontables.

Voici les appareils qui ont été inventés pour liquéfier l'acétylène d'une façon rationnelle.

le récipient I, également entouré d'un mélange réfrigérant. Les autres gaz engendrés pendant la fabrication étant moins facilement liquéfiables que l'acétylène s'accumulent en I et en G; on les évacue dans l'atmosphère, de temps à autre, en ouvrant pendant un instant le robinet 15. La tension de l'acétylène à température égale étant moindre que celle des autres gaz, s'échappe en beaucoup moins grande quantité. Le liquide obtenu est donc de l'acétylène pur. Lorsqu'un volume suffisant de liquide est formé en I, on charge le récipient de transport ou bonbonne I en manœuvrant successivement les robinets 29 et 30.

L'appareil comprend deux générateurs semblables A et A′ qui sont mis en service successivement afin d'obtenir une marche continue. Chaque générateur est isolé des serpentins par des robinets pendant que l'autre est en service.

L'eau provenant du réservoir H se répand sur le carbure par des tubes 12 terminés par des rampes d'arrosage 33. La pompe M sert à introduire l'eau en H. Une soupape 40 arrête l'arrivée de l'eau sur le carbure lorsque la pression intérieure devient trop considérable. Des appareils de sécurité tels qu'un manomètre 31 et une soupape 41 permettent d'éviter les accidents. N est une pompe de compression qui aspire les gaz restant dans les générateurs à la fin de chaque opération.

87. ***Appareils Pictet.*** — Dans le procédé de M. Raoul Pictet, l'acétylène est comprimé au moyen de pompes spéciales.

Au sortir des appareils purificateurs, il se rend dans un gazomètre qui sert à amortir les écarts pouvant se produire, à un moment donné, entre la quantité de gaz produite par les générateurs et la quantité de gaz liquéfié ;

sa capacité peut donc être relativement faible; d'après M. Pictet, un gazomètre de 100 m³ suffirait pour une usine produisant 3000 kilgrammes d'acétylène liquéfié par jour.

De ce gazomètre, l'acétylène se rend aux compresseurs qui sont à 2 ou 3 étages; chaque cylindre est refroidi par une circulation d'eau à l'extérieur; on ne peut, en effet, injecter d'eau à l'intérieur des cylindres, car la vapeur d'eau qui résulterait de cette pratique souillerait l'acétylène.

Les soupapes sont remplacées par des tiroirs manœuvrés par des excentriques.

Le serpentin dans lequel s'effectue la liquéfaction est baigné entièrement dans un liquide volatil (liquide Pictet, formé d'un mélange d'acide sulfureux et d'acide carbonique) qui maintient une température variant de — 20 à — 50° C.

Des pompes spéciales absorbent constamment les vapeurs de ce liquide volatil, les refoulent et les liquéfient dans un serpentin noyé dans une circulation d'eau froide. Le liquide retourne ensuite autour du serpentin liquéfacteur de l'acétylène pour y renouveler l'action réfrigérante et y maintenir ainsi une température constante, tout en diminuant la pression nécessaire pour obtenir la liquéfaction. Ce refroidissement permet, en outre, de purger sans perte importante les gaz non liquéfiables qui, malgré la purification préalable, sont entraînés avec l'acétylène.

88. ***Bonbonnes à acétylène liquide.*** — Les bonbonnes qui servent à l'emmagasinage et au transport de l'acétylène liquide doivent être très solides et ne doivent être remplies qu'en partie en raison du coefficient de dilatation très élevé de l'acétylène liquide.

Les bonbonnes employées par M. Pictet sont en acier au nickel ; elles sont timbrées à 250 atmosphères ; une bonbonne d'une capacité intérieure de 13 à 14 litres ne pèserait que 21 à 22 kilogrammes ; ces réservoirs seraient remplis seulement aux deux tiers ; on mettrait

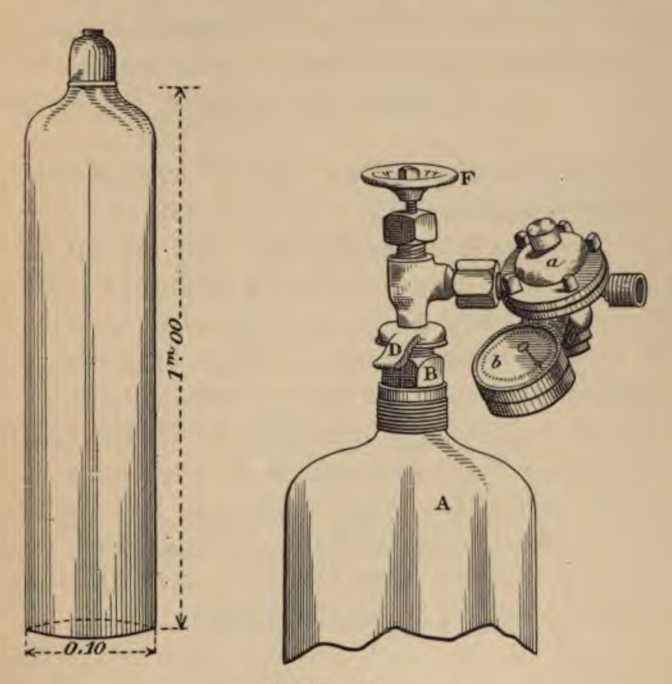


Fig. 83 et 84.
Bonbonne à acétylène liquide.

donc de 3,5 à 4 kilogrammes d'acétylène liquide dans chaque bonbonne.

Pendant le remplissage, les bonbonnes sont placées dans un appareil formant balance ; lorsque le poids voulu de liquide est introduit dans le récipient, on arrête l'opération et on ferme la bonbonne.

La figure 83 représente une de ces bouteilles fermée

pour le transport et la figure 84 représente à une plus grande échelle la partie supérieure sur laquelle est vissé un détendeur nécessaire pour ramener la pression à la valeur convenable pour l'utilisation.

Le bouchon à soupape B, du récipient A est muni d'un dispositif D qui permet le débit du gaz. Le bouton F ouvre la soupape intérieure; le gaz passe ensuite dans un détendeur *a* qui régularise la pression de consommation dont la valeur est indiquée par le manomètre *b*.

L'emploi des dispositifs de détente analogues à celui que nous venons de décrire est dangereux, ainsi que nous le verrons plus loin (§ 92-6°); les inventeurs ont dû s'en apercevoir, car, dans l'installation destinée à éclairer la salle des dépêches d'un journal parisien, ce détendeur était supprimé; les bonbonnes étaient branchées directement sur un réservoir d'assez grande capacité qu'elles servaient à remplir, à intervalles de temps réguliers, d'acétylène à forte pression; la manœuvre du robinet d'ouverture des bonbonnes était faite à la main; les appareils d'éclairage étaient alimentés par le gaz comprimé contenu dans le réservoir et qui était au préalable détendu à la pression voulue.

89. *Prix de revient.* — L'acétylène liquéfié n'ayant jamais encore été fabriqué en grand, son prix de vente est très élevé : 15 francs le kilogramme environ, ce qui est prohibitif pour les applications industrielles. S'il était fabriqué en grandes quantités, son prix pourrait être abaissé dans de notables proportions.

M. Raoul Pictet évalue ainsi le prix de revient de l'acétylène liquéfié, en admettant une production quotidienne minima de 5 000 kilogrammes.

ÉVALUATION DU CAPITAL.

Terrains et bâtiments (à Paris)	1 150 000 fr.
Matériel d'usine (chaudières et moteur de 500 ch.; concasseur, 10 cornues de production; 1 gazomètre de 500 m³; tuyauterie; 10 épurateurs; 5 compresseurs de 0 à 2,5 atm.; 5 de 2,5 à 8 et 5 de 8 à 50 atm.; 2 pompes pneumatiques; 5 condenseurs, 5 condenseurs d'acétylène; transmissions; 2 presses hydrauliques)	359 500 fr.
Matériel de réserve complet	359 500 fr.
Matériel d'exploitation (35 000 bonbonnes, 25 camions, 50 chevaux; ustensiles d'écurie)	95 000 fr.
Divers (ateliers de réparations; bureaux, siège social et dépôt principal; laboratoire; imprévu. Installation de 20 dépôts dans Paris; fonds de roulement (1.200.000)	1 811 000 fr.
Total	5 000 000 fr.
Actions d'apport	2 500 000 fr.
Capital social	7 500 000 fr.

ÉVALUATION DES DÉPENSES.

Matières premières (10 t. de charbon par jour; produits chimiques divers, 17,5 t. de carbure par jour)	2 555 000 fr.
Main-d'œuvre (110 ouvriers pour le concasseur, le chargement des cornues, le moteur, les compresseurs, l'épuration, le remplissage et le magasin; service de jour et de nuit	185 830 fr.
Personnel (administrateur délégué, ingénieur-conseil, directeur technique, directeur commercial, sous-directeur technique, 4 contremaîtres pointeurs; comptable-caissier, 11 employés aux écritures, 25 cochers, 25 livreurs, 2 gardes d'écurie, 2 veilleurs de nuit, 20 chefs de dépôts dans Paris, 20 employés pour les dépôts, huissiers et garçons de bureau)	250 300 fr.
Frais généraux (loyer du siège social et des 20 dépôts dans Paris; nourriture des chevaux, entretien des voitures et harnais, assurances et impôts, publicité. Intérêt du capital (5 pour 100 sur 7.500.000 fr.); amortissement du matériel (10 pour 100 sur 3.000.000 fr.) imprévus	890 245 fr.
Total annuel des dépenses	4 000 000 fr.

D'après ce devis, le prix de revient de l'acétylène liquide serait donc de $\frac{4\,000\,000}{5\,000 \times 365} = 2{,}19$ fr. le kilogramme; son prix de vente serait de 4 francs le kilogramme.

90. *Applications.* — Quel est, maintenant, l'avenir de l'acétylène liquide ?

Bien qu'il en ait été souvent question dans ces derniers temps, ses applications sont encore fort peu répandues. A première vue, rien n'est plus séduisant que l'emploi de ce corps qui permettrait de transporter facilement, sous un volume très réduit et un faible poids, une quantité considérable de gaz pouvant donner un éclairage parfait, dans toutes les conditions, et apporterait la solution du problème de l'éclairage à la campagne et dans les villes, à bord des bateaux, sur les chemins de fer, les tramways, les bicyclettes, etc.

M. Raoul Pictet, qui a fait beaucoup pour amener la réalisation commerciale de cette branche de l'industrie, envisage ainsi la question :

« On peut créer au fur et à mesure des besoins une série de bonbonnes ou réservoirs à acétylène pur liquéfié de diverses formes et dimensions, remplissant toutes les conditions voulues de solidité et de sécurité, pour servir aux appareils d'éclairage portatif ou autres spéciaux, notamment des réservoirs *ad hoc* pour les lampes genre Carcel, les lanternes de voitures en tous genres, celles de bicyclettes, de bateaux, navires, phares, bouées, etc.

« Les réservoirs des lampes domestiques seront à bref délai extrêmement nombreux; un système de vannes, de soupapes interchangeables permettra à tous ces petits appareils de s'ajuster avec la plus grande rapidité aux réservoirs de plus grandes dimensions qui seront disséminés dans toutes les grandes villes, chez les épiciers, les droguistes, les lampistes, etc., etc.; le remplissage des petits récipients, se faisant au moyen de la pression par un simple jeu de soupape, donnera aux conditions normales exigées pour le service régulier dans les maisons la même sécurité et les mêmes avantages

que l'on trouve dans la distribution actuelle du pétrole, de l'huile ou de n'importe quel autre système d'éclairage.

« La domestique entrera dans un magasin, remettra son réservoir et, instantanément, le recevra rempli à nouveau et prêt à fonctionner. Les différences de poids permettront un contrôle très facile et défiant toute contestation. »

Cette organisation commerciale est évidemment très séduisante et capable d'exciter l'enthousiasme même d'un homme de la valeur de M. Raoul Pictet. Mais, en pratique, deux raisons principales ont retardé la réalisation de ce beau rêve ; ce sont d'abord le prix de l'acétylène liquide, ensuite et surtout, les dangers qu'on redoute de son emploi.

Les promoteurs de ce système d'éclairage ont publié les chiffres les plus fantaisistes pour prouver que l'éclairage à l'acétylène liquide serait très économique. Malheureusement ces chiffres ne sont pas exacts.

En Amérique, la Compagnie exploitant les procédés Willson a proposé de vendre l'acétylène liquide et publiait à ce sujet le calcul suivant.

Il y a, à Philadelphie, 10400 lampes à gazoline dépensant chacune 105 francs par an ; alimentées par un cylindre d'acétylène que l'on n'aurait à remplacer que tous les 2 mois, elles ne dépenseraient que 35 francs par an et donneraient une lumière 2 fois 1/2 plus puissante. L'économie serait donc de 70 francs par lampe. En ne comptant même que 50 francs par lampe et par année, on trouve que Philadelphie ferait une économie annuelle de 510000 francs. Ce calcul est erroné. En effet, si l'on admet que la durée moyenne d'allumage des lampes soit de 10 heures par jour et que chaque bec consomme seulement 20 litres à l'heure, il faudrait $10 \times 365 \times 20 = 73000$ litres de gaz, soit

$\frac{73\,000}{380} = 192$ litres d'acétylène liquide (1); pour que les chiffres ci-dessus soient corrects, il faudrait donc pouvoir vendre l'acétylène liquide à raison de $\frac{35}{192} = 0,176$ francs le litre ou au plus $\frac{55}{192} = 0,286$ francs.

Ce prix ne représente même pas la valeur du carbure de calcium nécessaire à préparer les 380 litres de gaz que représente 1 litre de liquide.

M. Raoul Pictet a trop bien étudié la question pour tomber dans une erreur du même genre, mais les propriétés qu'il attribue à l'acétylène diffèrent complètement de celles que les autres physiciens ou chimistes lui ont reconnues; comme les chiffres de M. Pictet sont très favorables à l'acétylène et que, d'un autre côté, les chiffres qu'il cite pour le pouvoir éclairant du gaz d'éclairage sont défavorables à celui-ci qu'il prend comme terme de comparaison, il arrive à des conclusions que la pratique aurait peine à justifier.

Pour lui, l'acétylène qu'ont employé tous les savants qui ont étudié la question était impur. Aussi ne connaîtrait-on les vraies propriétés de ce gaz que depuis ses travaux.

Il admet que l'on obtiendra de 1 à 3 bougies-heures par litre d'acétylène pur brûlé, et que 1 kilogramme d'acétylène liquide donnera 1 m³ de gaz; il adopte la moyenne de 2 000 bougies-heures par mètre cube. Il admet, en outre, que le bec-papillon débitant 120 litres de gaz ordinaire à l'heure donne 5,5 bougies, et que le bec Bengel donne 16 bougies pour une dépense de 220 litres à l'heure. L'acétylène aurait donc un pouvoir éclairant de 44,4 fois à 27,4 fois, soit en moyenne 35,7 fois plus considérable que celui du gaz ordinaire, ce qui permettrait, par conséquent, de le vendre à Paris 35, 7 fois 30 centimes, soit 10,71 francs le mètre cube. Or

(1) A Paris, les becs allumés toute la nuit brûlent pendant 3737,92 heures par an, en moyenne, et les becs éteints à minuit 2069,17 heures.

son prix de vente ne serait que de 4 francs ; il serait donc très économique.

Ces chiffres ne sont pas vérifiés par l'expérience. M. Bullier, dont les expériences ont été contrôlées par le laboratoire de la Ville de Paris (service de la vérification du gaz), n'a jamais obtenu la carcel-heure pour moins de 8 litres dans des becs de faible débit, 7 litres dans les becs de 5 à 6 carcels, et enfin 5 litres pour des foyers intensifs à récupération. Ces résultats ont été obtenus avec de l'acétylène pur (à 99,5 ou 99,6 pour 100). En outre, 1 kilogramme d'acétylène liquéfié ne donne en moyenne que 910 litres de gaz. En admettant le prix de vente de 4 francs le kilogramme, la carcel-heure avec l'acétylène liquide reviendrait donc à $\frac{400 \times 7}{910} = 3{,}187$ centimes dans des becs d'intensité moyenne. C'est un prix plus élevé que celui du gaz de houille avec le bec Bengel ordinaire.

Le prix de 4 francs le kilogramme devrait donc être abaissé dans de notables proportions pour que l'acétylène liquide puisse lutter avantageusement au point de vue économique.

91. ***Accidents.*** — Reste la question capitale de la sécurité.

Il est évident que l'emploi d'un liquide pouvant développer aux températures ordinaires des pressions énormes ne va pas sans l'appréhension de quelque danger. Sans doute d'autres corps analogues, tels que l'acide carbonique liquide employé dans les brasseries, le bioxyde d'azote employé par les dentistes, l'oxygène liquéfié, sont entrés dans la pratique industrielle. Mais il ne faut pas oublier que, dans l'industrie, ce sont des ouvriers expérimentés qui se servent de ces appareils ; encore arrive-t-il parfois des accidents. Qu'adviendrait-il si ces « cartouches » étaient confiées aux mains les plus inexpérimentées, surtout avec l'acétylène qui

s'enflammerait et ferait explosion en cas d'accident?

Plusieurs catastrophes, dues à l'acétylène liquide, ont été enregistrées. La première eut lieu en janvier dernier; une explosion suivie d'incendie se produisit à cette époque dans les ateliers de MM. Pfeghar et fils, à New-Haven (États-Unis d'Amérique).

Deux cylindres à acétylène, ayant chacun 1,20 m de longueur et 0,125 m de diamètre timbrés à la pression de 260 kg : cm², ont fait explosion. L'un d'eux fut projeté au-dessus du toit de l'usine et alla tomber à 75 mètres du lieu de l'explosion. De plus, le gaz mis en liberté par cette double explosion s'enflamma et communiqua le feu aux ateliers.

La seconde catastrophe eut lieu à Berlin, précisément dans les ateliers de M. Raoul Pictet. Elle fut suivie d'un incendie qui détruisit tout le bâtiment. M. Pictet a attribué l'explosion à l'incendie, mais cela est peu probable, car les témoins de cet accident ont déclaré avoir entendu d'abord une violente explosion qui fut accompagnée presque immédiatement d'une immense gerbe de flammes. D'ailleurs, la troisième catastrophe qui a eu lieu tout dernièrement à Paris, toujours dans les ateliers de M. Pictet, s'est produite sans qu'aucun incendie se soit déclaré. Il en a été de même dans l'explosion qui s'est produite à Berlin, dans les ateliers de M. Isaac, et qui a coûté l'existence à plusieurs personnes.

Tous ces accidents sont arrivés dans des usines de fabricants où la manœuvre était faite par des ouvriers exercés ; elles font voir combien grandes doivent être les précautions à prendre dans le maniement de l'acétylène liquide.

92. *Les dangers de l'acétylène liquide.* — M. Berthelot avait observé, dans ses anciennes expériences,

que les propriétés explosives des gaz endothermiques augmentent lorsque ces gaz sont comprimés. Il a depuis repris ces expériences en collaboration avec M. Vieille, et obtenu les résultats suivants qui s'appliquent à l'acétylène pur, sans mélange d'oxygène ou d'air atmosphérique :

1° Lorsque la pression ne dépasse pas 2 atmosphères, l'acétylène n'est pas explosif (§ 5).

2° L'explosibilité augmente avec la pression au-dessus de 2 atmosphères et atteint son maximum avec l'acétylène liquide dont les propriétés explosives sont voisines de celles du coton-poudre. Le tableau suivant renferme les pressions et les durées de réaction, observées lors de l'inflammation de l'acétylène au moyen d'un fil métallique rougi au sein de la masse gazeuse, sous diverses pressions initiales.

Numéros des expériences.	Pression initiale absolue en kg : cm².	Pression observée aussitôt après réaction en kg : cm².	Durées de réaction en millièmes de seconde.	Rapport des pressions initiales et finales.
38	2,23	8,77	»	3,93
42	2,23	10,73	»	4,81
28	3,50	18,58	76,8	5,31
31	3,43	19,53	»	5,63
39	5,98	41,73	66,7	6,98
26	5,98	43,43	»	7,26
32	5,98	41,53	45,9	6,94
25	11,23	92,73	26,1	8,24
40	11,23	91,73	39,2	8,00
29	21,13	21,37	16,4	10,13
30	21,13	21,26	18,2	10,13

Dans une bombe en acier, de 48,96 cm³ de capacité, chargée avec 18 grammes d'acétylène liquide, on a obtenu la pression considérable de 5 564 kg : cm² lors de l'explosion.

3° Il suffit d'introduire un fil métallique chauffé au rouge en un point quelconque du récipient contenant

l'acétylène comprimé ou liquéfié pour provoquer l'explosion de toute la masse.

4° L'explosion est provoquée aussi par la détonation à l'intérieur du récipient d'une capsule de fulminate de mercure.

5° Le choc par lui-même ne semble pas suffisant pour provoquer la décomposition de l'acétylène comprimé ou liquéfié ; mais si le récipient est brisé, le gaz qui s'échappe et se mélange avec l'air atmosphérique peut être enflammé par les étincelles résultant de la friction des fragments métalliques les uns contre les autres ou contre les objets extérieurs.

6° D'autres causes de danger, dans les opérations industrielles, peuvent résulter des phénomènes de compression brusque, lors du chargement des réservoirs du gaz, ainsi que des phénomènes de compression adiabatique qui accompagnent l'ouverture brusque d'un récipient d'acétylène sur un détendeur, ou sur tout autre réservoir de faible capacité. On sait, en effet, qu'il a été établi, par des expériences effectuées sur des bouteilles d'acide carbonique liquide, munies de leur détendeur, que l'ouverture brusque du robinet détermine, dans ce détendeur, une élévation de température susceptible d'entraîner la carbonisation de copeaux de bois placés dans son intérieur. Dans le cas de l'acétylène, des températures de cet ordre pourraient entraîner une décomposition locale, susceptible de se propager , *a retro*, dans le milieu gazeux maintenu sous pression, et jusqu'au réservoir.

Comme le font remarquer MM. Berthelot et Vieille, il peut être remédié à ces inconvénients qui ne sont pas de nature à compenser les avantages que présente l'acétylène et à en limiter l'usage. Toutefois, jusqu'à ce qu'on ait pu remédier aux causes d'accidents résumées

dans l'alinéa précédent, il est certain que l'acétylène liquide ne pourra être utilisé pour les usages domestiques où les appareils doivent être simples, robustes et dont le fonctionnement doit être automatique afin de ne nécessiter aucune connaissance spéciale des propriétaires d'installations. Jusqu'à ce moment, l'acétylène liquide devra être réservé aux usages industriels, des ouvriers habitués à la manœuvre d'appareils de ce genre pouvant s'occuper de la surveillance des récipients et des détendeurs.

93. Une autre cause d'accidents réside dans le déréglage possible des détendeurs qui laisseraient passer la pression totale du gaz dans les canalisations et dans les appareils d'utilisation trop faibles pour supporter cette pression élevée. L'explosion de ces canalisations serait alors inévitable.

Il est toutefois assez facile de s'affranchir de cette cause d'accidents, soit en plaçant le réservoir d'acétylène liquide à l'air libre et en plaçant, sur le trajet extérieur des canalisations, une soupape de sûreté qui laisserait échapper le gaz dans l'atmosphère en cas de danger, soit en disposant à l'entrée des canalisations une vanne ou un gazomètre qui fermerait automatiquement le robinet du récipient lorsque la pression d'utilisation atteindrait une valeur dangereuse.

Voici, par exemple, le dispositif imaginé par M. Dickerson (fig. 85).

Le gaz qui se produit par la vaporisation de l'acétylène liquide contenu, en A, passe par RL dans une suite de valves réductrices B, B′ où il est ramené à la pression voulue ; la détente du gaz produit un abaissement de température qui est utilisé en ST à refroidir de l'eau salée en vue d'usages ultérieurs.

Le gaz détendu passe dans le gazomètre à pression constante M d'où il alimente les brûleurs J après avoir été mélangé d'air en G au moyen d'un dispositif particulier que nous décrirons plus loin (§ 103).

La cloche M du gazomètre commande à un robinet E qui empêche toute introduction de gaz lorsque, les détendeurs étant déréglés, le gaz arrive en trop grande

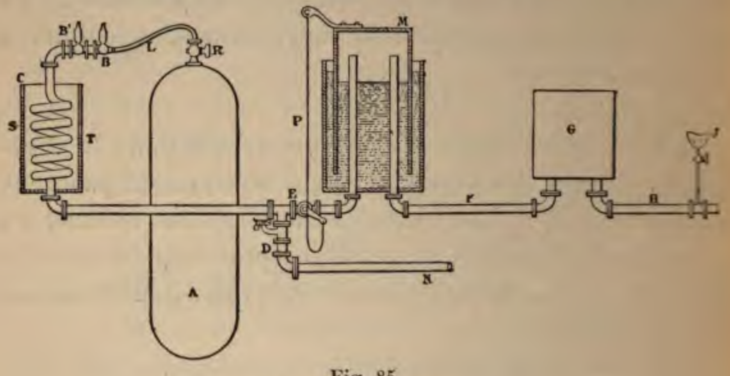


Fig. 85.
Appareil Dickerson.

quantité, ce qui pourrait porter la pression dans les canalisations à une valeur dangereuse.

Par surcroît de précaution, une soupape de sûreté D laisse échapper le gaz à trop forte pression, par N, dans l'air ou dans un récipient quelconque.

En résumé, on voit que l'acétylène liquide ne peut, dans les conditions actuelles, tant par suite de son prix de revient que par suite des dangers qui peuvent résulter de son emploi, prendre dans l'industrie de l'éclairage la place prépondérante qu'on aurait pu espérer lui voir conquérir en se basant uniquement sur l'opinion de ses avocats. Un supplément d'études est nécessaire.

94. *Acétylène comprimé.* — Après ce que nous venons de dire de l'acétylène liquéfié, nous n'aurons que peu de

choses à ajouter sur l'acétylène comprimé. Si l'on ne dépasse pas certaines limites, les dangers de ce dernier sont beaucoup moindres que ceux de l'acétylène liquéfié, car les causes qui peuvent provoquer son explosion spontanée sont moins nombreuses que pour le premier. Il pourra donc probablement recevoir plusieurs applications importantes. On pourrait même, en s'entourant des précautions convenables que l'expérience enseignera, en étendre l'emploi aux usages domestiques dans les campagnes ; il suffirait de placer un réservoir de capacité suffisante chez chaque client ; un générateur à carbure monté sur un chariot remplirait ces réservoirs à la pression voulue à intervalles de temps déterminés et irait ainsi de porte en porte vendre le gaz.

L'acétylène comprimé a reçu des applications intéressantes pour l'éclairage des wagons de chemins de fer (§ 108).

Il peut rendre aussi de réels services dans les laboratoires.

La Société centrale de Produits chimiques, à Paris, a mis en vente des réservoirs en acier comprimé, timbrés à 20 kg : cm^2, et qui contiennent 250 litres d'acétylène comprimé à 10 kg : cm^2. Ces réservoirs sont munis d'un robinet à pointeau qui permet, en ouvrant plus ou moins, d'obtenir le débit voulu.

95. ***Procédé Claude et Hess.*** — MM. Claude et Hess ont mis à profit la propriété remarquable, qu'ils ont découverte, qu'a l'acétone d'absorber 31 fois environ son volume d'acétylène pour emmagasiner, comme nous l'avons expliqué (§ 4), une grande quantité de gaz sous un faible volume et une faible pression.

Ce procédé semble le plus parfait de tous ceux qui ont été proposés jusqu'à ce jour.

En effet, on peut emmagasiner dans un volume déterminé une quantité de gaz plus grande que ne le permet l'acétylène liquide ; cependant, la pression est beaucoup moindre qu'avec ce dernier corps : environ 12 atmosphères, c'est-à-dire comparable à celle des siphons d'eau de Seltz. Les dangers d'explosion sont presque totalement supprimés, d'abord par la diminution de pression, ensuite et surtout par la dilution de l'acétylène dans un corps inerte, ce qui a pour effet, comme on sait, d'atténuer les propriétés explosives des corps. L'acétone est un liquide qu'on obtient en grande quantité et à bas prix. Une même quantité de ce liquide servirait d'ailleurs indéfiniment, car il suffirait de remplacer les pertes assez faibles provenant de l'évaporation ou des manipulations. La pression étant très réduite, le poids et le prix des bonbonnes seraient beaucoup moins élevés qu'avec l'acétylène liquide. De plus, les appareils nécessaires pour la génération du gaz sous la pression prévue de 10 à 12 atmosphères et pour son emmagasinement dans l'acétone seraient très simples et peu coûteux. Enfin, les manipulations seraient centralisées dans une même usine, ce qui affranchirait le public de ce soin peu agréable et permettrait de récupérer toute la chaux du carbure de calcium.

Au point de vue de l'économie comme à celui de la sécurité, ce procédé est donc très recommandable. Il permet de participer à la fois aux avantages de l'acétylène comprimé en diminuant les dangers et les frais de production, et aux avantages de l'acétylène liquéfié en permettant d'emmagasiner une grande quantité de gaz sous un faible volume, ce qui simplifie la main-d'œuvre et est nécessaire dans de nombreuses applications, en particulier pour les lampes portatives et l'éclairage des véhicules.

CHAPITRE VIII

La flamme de l'acétylène. — Becs brûleurs.

96. ***Conditions à réaliser pour la combustion de l'acétylène en vue de l'éclairage.*** — Quand on place quelques fragments de carbure de calcium dans une éprouvette remplie d'eau et qu'on enflamme l'acétylène qui se dégage, on obtient une flamme très éclairante, de couleur jaunâtre et très fuligineuse. Si, au lieu de brûler le gaz directement, on le recueille dans un gazomètre et on le brûle sous la même pression que le gaz de houille, et dans les becs employés d'ordinaire pour ce gaz, on n'obtient encore qu'une flamme jaune et fumeuse.

Pour obtenir un bon éclairage avec l'acétylène, il faut porter sa pression d'utilisation à 7 ou 8 cm d'eau au minimum et plus de préférence ; il faut, en outre, le brûler dans des becs à fentes ou à trous très fins, ou bien encore le mélanger, avant de l'enflammer, à de l'oxygène ou à un gaz inerte qui lui permet de venir en contact avec une plus grande quantité d'oxygène atmosphérique.

Les mélanges d'acétylène et d'oxygène ou d'air peuvent devenir dangereux si les proportions des deux gaz varient par une cause quelconque et viennent à former

un mélange détonant (§ 6). On doit condamner entièrement les mélanges préalables d'air ou d'oxygène et d'acétylène; le mieux est d'employer, comme le fait M. Bullier, des brûleurs analogues au bec Bunsen qui mélangent l'air et le gaz combustible au moment même de l'utilisation.

D'autres inventeurs ont proposé de mélanger l'acétylène à des gaz inertes ; M. Bullier emploie un mélange de moitié azote et moitié acétylène ; MM. Bichel et Schulte ont essayé un mélange de 1/3 d'acétylène, 1/3 d'air et 1/3 d'acide carbonique ; M. Krüger, un mélange de mi-partie acétylène et mi-partie acide carbonique. Tous ces mélanges ne sont pas explosibles, mais ils ne sont pas sans de réels inconvénients. Ils déversent, en effet, dans l'atmosphère, des gaz irrespirables ou même toxiques comme l'oxyde de carbone proposé aussi par MM. Bichel et Schulte. En outre, il faut engendrer ces gaz inertes séparément, ce qui est peu commode et augmente les dépenses.

Un inventeur, M. Jacquet, a pensé s'affranchir en partie de ces inconvénients en composant des agglomérés de carbure de calcium et de bicarbonate de soude qui, traités comme dans les gazogènes à eau de Seltz, dégagent un mélange d'acétylène et d'acide carbonique en proportions convenables pour donner une flamme très éclairante.

Un aggloméré de la composition suivante :

Carbure de calcium.	1 partie.
Carbonate de chaux.	1 —
Bisulfite de soude.	3 —

dégage, lorsqu'il est traité par l'eau, un mélange contenant 40 pour 100 d'acide carbonique, que M. Jacquet appelle gaz mi-acétylène.

97. *Réactions de combustion*. — D'après M. Le Châtelier, les mélanges d'acétylène avec l'air renfermant moins de 7,7 pour 100 de gaz combustibles, brûlent avec une flamme jaune, dont l'éclat croît avec la proportion de gaz. Il se forme exclusivement de l'acide carbonique et de l'eau.

De 7,7 à 17,3 pour 100, la flamme est bleue; il se forme de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, en même temps que l'eau et l'acide carbonique.

Au delà de 17,3, il se forme de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, en même temps qu'une certaine proportion de gaz reste inaltérée. En même temps, il se précipite du carbone non brûlé qui, à partir de 25 pour 100, forme un nuage noir absolument opaque.

98. *Pouvoir éclairant et avantages de la flamme d'acétylène*. — Lorsque les conditions que nous venons d'exposer (§ 96) sont complètement réalisées, on obtient une flamme d'un blanc magnifique, une lumière chaude et agréable qui donne véritablement, suivant une heureuse expression, *le confort rétinien;* cette lumière a la précieuse propriété de ne pas altérer les couleurs ; elle est d'une fixité remarquable, ce qui tient à ce que la pression sous laquelle le gaz est brûlé étant très élevée, la flamme est insensible aux courants d'air. Cette flamme dégage très peu de chaleur ; on peut sans danger tenir la main à une faible hauteur au-dessus d'un foyer à acétylène, tandis qu'on serait infailliblement brûlé au-dessus d'un bec de gaz ordinaire, même d'intensité lumineuse beaucoup plus faible. Enfin, la combustion de l'acétylène ne produit pas, comme celle des autres illuminants solides ou liquides, cette fine poussière de charbon qui, se déposant partout, noircit les plafonds, les murs, les tableaux.

Toutes ces qualités réunies font de l'acétylène un agent d'éclairage hors ligne.

On peut se rendre compte du pouvoir éclairant de l'acétylène en comparant la quantité de lumière fournie par la consommation d'un même volume de différents gaz. M. Lewes a donné les chiffres suivants qui rapportent la valeur lumineuse à la candle étalon anglaise pour une même consommation de cinq pieds cubes (141,6 litres) à l'heure.

Nature des gaz illuminants.	Pouvoir lumineux.	
	en candles-heures par 5 pieds cubes.	en carcels-heures par mètre cube.
Méthane	5,2	3,5
Gaz normal de Ville à Paris		9,6
— — Londres	16,0	11,5
Éthane	35,7	25,0
Propane	56,2	40,0
Éthylène	70,0	49,0
Butylène	123,0	86,0
Acétylène	240,0	168,0

D'autre part, M. Hempel, de Berlin, a comparé les différents brûleurs, tant pour l'acétylène que pour le gaz d'éclairage. Nous extrayons de ses mémoires les chiffres suivants qui confirment la supériorité de l'acétylène sur le gaz d'éclairage et qui prouvent, en outre, que la quantité de lumière fournie par mètre cube d'acétylène augmente avec la puissance du foyer.

Nature du gaz.	Nature du brûleur.	Quantité de gaz brûlé en litres à l'heure.	Puissance lumineuse en carcels.	
			mesurée.	par m³.
Gaz de houille	Bougie	150,46	1,7	11,2
—	Bengel	160,4	2,1	13,1
—	Siemens (n° 4)	200,0	4,4	22,0
—	— (n° 2)	501,5	17,2	28,6
—	— (n° 00)	2404,4	85,8	35,7
—	Auer	121,3	5,9	48,6
Acétylène	Papillon	35,0	5,9	168,6
—	—	67,5	12,8	190,2
—	—	92,2	18,9	205,0

Les chiffres contenus dans ces deux tableaux concordent très bien entre eux et avec ceux qu'a obtenus M. Bullier (§ 90). Il en résulte que, à volume égal, l'acétylène a un pouvoir éclairant égal à 15 ou 20 fois celui du gaz de houille brûlé dans les becs ordinaires, et 3,5 ou 4 fois lorsque ce dernier est brûlé dans les becs Auer.

Une dernière qualité de l'acétylène, c'est de pouvoir donner des foyers d'une intensité lumineuse quelconque. Avec une ouverture très fine, ne débitant qu'un demi-litre d'acétylène à l'heure, on obtient une flamme éclairante absolument fixe ; non seulement le gaz de houille, dans de semblables conditions, ne donnerait qu'une flamme bleue non éclairante, mais encore cette flamme serait soufflée au moindre courant d'air. On pourra donc proportionner à volonté l'intensité des foyers lumineux à l'application en vue, ce que seul permettait jusqu'à présent l'éclairage électrique à incandescence. D'un autre côté, M. Moissan et à sa suite, M. Trouvé, ont construit des becs intensifs dont l'éclat et la puissance lumineuse rappellent les qualités de l'arc voltaïque. Le dernier a présenté à la Société d'Encouragement un bec intensif de 35 carcels destiné aux appareils de projections.

99. *Température de la flamme*. — M. Le Châtelier a calculé que la température de combustion de l'acétylène brûlé avec l'air serait de 2400° C, c'est-à-dire supérieure de 500 degrés à la température de combustion du gaz d'éclairage, qui est de 1900 degrés. Ce savant attribue dès lors le pouvoir éclairant considérable de l'acétylène à deux causes :

1° A l'*abondant dépôt de carbone* qui se produit pendant la combustion et qui suffirait à lui seul à lui donner un pouvoir éclairant quadruple de celui du gaz d'éclairage,

comme le montrent les résultats obtenus avec le gaz carburé par la naphtaline ; 2° à la *température élevée de sa combustion* qui suffirait, à elle seule, d'après les résultats obtenus par les récupérateurs, à lui assurer un pouvoir éclairant triple de celui du gaz ordinaire. La réunion de ces deux causes suffit pour prévoir que le pouvoir éclairant de l'acétylène doit être au moins douze fois celui du gaz ordinaire, ce qui est bien d'accord avec les résultats déjà annoncés.

D'autre part, d'après M. Lewes, la température moyenne de la flamme de l'acétylène, *mesurée expérimentalement* par le pyromètre électrique de M. Le Châtelier, serait de 900° à 1000° seulement. Il a mesuré aussi la température de la flamme de différents gaz et a obtenu les résultats suivants (1) :

Partie de la flamme.	Acétylène.	Éthylène.	Gaz de houille.
Zone obscure.	459°	952°	1023° C
Commencement de la zone lumineuse.	1411°	1340°	1658° »
Près du sommet de la zone lumineuse.	1517°	1865°	2116° »
Pouvoir éclairant des gaz pour une consommation de 140 lit. à l'heure.	240	68,5	16,8 bougies

(1) La température réelle des flammes est une grandeur assez mal définie et peu connue ; elle est beaucoup plus élevée qu'on ne le croit généralement, car, dans la flamme d'une simple bougie, on peut fondre du platine ; il suffit pour cela de prendre un fil assez fin, tel, par exemple, qu'on en obtient, suivant le procédé indiqué par Wollaston, en étirant un cylindre d'argent à l'intérieur duquel est placé un noyau de platine. En étirant ce cylindre jusqu'à ce que le fil d'argent ait un diamètre aussi petit que possible, et en dissolvant ensuite l'argent dans un acide, il ne reste qu'un fil de platine tellement fin qu'on ne peut l'apercevoir qu'en l'éclairant vivement ou en le faisant rougir par la chaleur. Quand on place un tel fil dans la flamme d'une bougie, il fond instantanément. Si l'on emploie du fil d'un plus gros diamètre, la chaleur se dissipe en partie par conduction et la fusion ne peut être obtenue. La température atteinte par les fils métalliques du couple thermo-électrique de Le Châtelier dépend donc de leur diamètre. Il ne faudrait par conséquent pas accorder aux chiffres obtenus par M. Lewes une valeur absolue ; ils sont toutefois comparables entre eux puisqu'ils ont été obtenus avec un même appareil et dans de mêmes conditions. Ils indiquent simplement que la température de la flamme d'acétylène est moins élevée que celle des deux autres gaz employés.

Les températures, loin d'être proportionnelles aux quantités de lumière fournies, seraient, au contraire, en raison inverse. On peut du reste se convaincre facilement de la faible température moyenne de la flamme à acétylène en y introduisant un fil de fer d'environ o,5 mm de diamètre; il ne fondra pas et son incandescence sera peu intense; il se recouvrira d'un abondant dépôt de carbone.

Ce fait semble à première vue assez difficile à concilier avec l'éclat de la flamme. Il peut s'expliquer pourtant d'une façon assez simple.

Considérons une flamme d'acétylène à son maximum d'éclairement; nous savons que le gaz combustible doit être mélangé à un volume d'air considérable.

Lorsqu'on l'enflamme, l'acétylène se décompose, ce qui produit une grande quantité de chaleur; or, la chaleur qui provient de la décomposition exothermique de l'acétylène se porte presque exclusivement sur les produits de cette décomposition, c'est-à-dire sur les molécules de carbone et d'hydrogène; en effet, lorsqu'on fait exploser l'acétylène par une capsule de fulminate de mercure, on reconnaît que le fin papier qui entourait le fulminate est simplement percé par l'explosion, mais nullement carbonisé, bien que l'acétylène ait été décomposé avec émission de lumière et que la température ait atteint une valeur à laquelle le papier aurait été détruit.

Les corpuscules de charbon se trouveraient donc portés à une très haute température et celle-ci, entretenue par la combustion du carbone en présence de l'oxygène, serait la cause du brillant éclat de la flamme; mais ces corpuscules seuls seraient portés à cette haute température, tandis que l'air au milieu duquel ils se trouvent noyés, simplement échauffé par rayonnement

et par la combustion de l'hydrogène, serait à une température beaucoup plus basse. On conçoit donc que la température du carbone, qui ne forme qu'une faible partie du volume gazeux constituant la flamme, puisse être très élevée, tandis que la température moyenne mesurée par le couple thermo-électrique serait beaucoup plus basse.

Il faut remarquer, en outre, que le nombre de corpuscules de charbon portés à l'incandescence est excessivement grand, et que les dimensions de chacun d'eux sont excessivement réduites. Ils tendent donc à se refroidir par rayonnement avec une très grande rapidité. Il se produirait un effet analogue à celui qu'on observe en faisant passer un courant électrique dans des fils métalliques : pour un même métal, plus le diamètre du fil est fin, plus il faut que le courant passant par unité de section soit intense pour que le fil soit porté à une même température; si l'intensité du courant par unité de section est constante, la température à laquelle le métal est porté est d'autant plus faible que le diamètre du fil est plus fin ; ceci s'explique très facilement par l'action du refroidissement par rayonnement et par convexion.

Cette dernière considération permet d'expliquer pourquoi l'acétylène sans mélange d'une quantité suffisante d'oxygène produit une flamme jaunâtre et fuligineuse. Si l'on attribuait l'éclat de la flamme exclusivement à la haute température provenant de la décomposition exothermique, cet éclat devrait être à peu près le même dans l'explosion en vase clos sans la présence de l'oxygène, puisque la température atteindrait 2750° C à volume constant, d'après M. Berthelot; mais les molécules de carbone rayonnant la chaleur qui leur a été communiquée avec une excessive rapidité ne pourront atteindre une température très élevée; la flamme pro-

duite sera donc moins brillante que dans le premier cas où la température des molécules est entretenue par la chaleur provenant de la combustion du carbone et de l'hydrogène par l'oxygène de l'air.

En résumé, la flamme de l'acétylène ne serait pas comparable à une masse homogène portée à une température uniforme ; elle serait composée de substances diverses portées à des températures différentes ; les molécules de carbone y seraient portées à une très haute température, tandis que la température moyenne y serait faible.

Cette théorie permet d'expliquer très aisément tous les faits d'expérience. On conçoit notamment que l'éclat de la flamme soit peu modifié par la présence de gaz inertes (bien que la température moyenne doive être diminuée) et que, par conséquent, entre certaines limites, la quantité de lumière donnée par un volume déterminé d'acétylène soit constante, ainsi que l'a reconnu M. Bullier.

BECS BRULEURS

100. ***Conditions auxquelles doivent satisfaire les brûleurs.*** — Il résulte de ce que nous venons de dire au début de ce chapitre, que l'acétylène demande, pour donner une flamme très éclairante et non fuligineuse, à être brûlé en présence d'une quantité considérable d'oxygène et que cette condition peut être réalisée de deux façons différentes :

1° En donnant au gaz une forte pression et en le brûlant dans des becs à fente très fine, de façon que la nappe de gaz ainsi formée ayant une grande surface et une faible épaisseur puisse puiser dans l'air atmosphérique la quantité d'oxygène suffisante ;

2° En mélangeant de l'air ou de l'oxygène avec le gaz avant de le brûler. On obtient un même résultat en

diluant l'acétylène avec un gaz inerte, ce qui lui permet de venir en contact avec une plus grande quantité d'oxygène atmosphérique.

De là deux classes de brûleurs bien distinctes, les brûleurs directs et les brûleurs à mélange.

La construction d'un bon brûleur à acétylène est une chose très difficile, car, sous l'action de la chaleur qui se communique au bec, l'acétylène tend à se polymériser ; il se forme des hydrocarbures solides et liquides, qui se carbonisent et ne tardent pas, dans les brûleurs de la première classe, à boucher complètement l'orifice d'écoulement du gaz qui doit être très fin ; la flamme perd alors de son éclat et devient fumeuse ; les impuretés qu'entraîne l'acétylène ordinaire tendent au même résultat. Il semblerait donc qu'à ce point de vue les brûleurs de la seconde classe seraient préférables, car ils permettent l'emploi d'ajutages de plus grandes dimensions.

Cependant, on peut atténuer cet inconvénient en donnant au brûleur des dimensions et une forme telles que la chaleur perdue par conductibilité et par rayonnement soit suffisante pour empêcher un échauffement notable des parois en contact avec l'acétylène ; nous verrons plusieurs exemples de cette pratique dans les paragraphes suivants.

Il ne faut pas exagérer les inconvénients qui résultent de cet encrassement, car il se produit exclusivement à l'extérieur quand le gaz est pur et, en prenant soin de brosser les becs tous les jours — on pourrait dire *moucher* les becs — on peut les éviter à peu près complètement. Il vaut cependant mieux, c'est évident, s'affranchir de cette sujétion, d'autant plus que cet encrassement peut se produire en pleine marche et que les becs sont parfois peu facilement accessibles.

La pression sous laquelle le gaz est brûlé a aussi une grande importance; elle doit être aussi élevée que possible, afin que la nappe gazeuse s'étende loin dans l'air, ce qui favorise son contact intime avec l'oxygène et augmente, par conséquent, la quantité de lumière produite pour un même volume de gaz brûlé. En employant une forte pression, on diminue également la chaleur communiquée au bec, parce que la flamme est éloignée de celui-ci. Il serait donc préférable d'établir des brûleurs n'exigeant pas, ou à peine, de réglage par le robinet, qui tend à diminuer la pression d'utilisation.

Une autre considération doit intervenir dans la construction des becs à acétylène ; c'est la complète opacité de la flamme de cet hydrocarbure ; on peut s'en rendre compte par l'expérience suivante indiquée par M. R. Pictet : si l'on engendre une flamme d'acétylène à quelque distance d'un mur blanc ou d'un écran et que derrière elle on place un miroir, le mur sera éclairé à la fois par les rayons directs et les rayons réfléchis ; on verra l'image du foyer se détacher plus sombre que le fond, ce qui prouve que la flamme a arrêté les rayons réfléchis ; elle agit donc comme un écran opaque.

Il faut, par conséquent, s'appliquer à obtenir des flammes aussi minces que possible, afin qu'elles soient tout en surface, et éviter l'emploi de flammes dont la forme serait telle qu'une partie pût faire ombre aux autres, comme c'est le cas, par exemple, pour les becs ronds, genre Bengel, dans lesquels la surface intérieure ne contribue que peu ou pas à l'éclairage.

Il résulte de tout ce qui précède que les becs actuels peuvent recevoir encore de très grands perfectionnements.

101. *Becs genre Manchester.* — Les becs Manchester, connus aussi sous le nom de becs Bray, sont très employés pour l'éclairage à l'acétylène. Ils sont formés, comme on sait, par un chapiteau percé à sa partie supérieure de deux trous inclinés convergents ; les deux jets de gaz enflammé qui s'échappent par ces trous se rencontrent un peu au-dessus de l'ajutage, ce qui les force à s'étaler en une flamme mince en forme de papillon, qui est très éclairante.

Le réglage de ces becs est assez délicat ; si la pression est trop faible, ils fuliginent ; si au contraire elle est trop forte, ils brûlent en fer de lance avec une flamme non éclairante. Enfin, on ne peut les faire brûler en veilleuses.

Pour obtenir une bonne combustion de l'acétylène, il

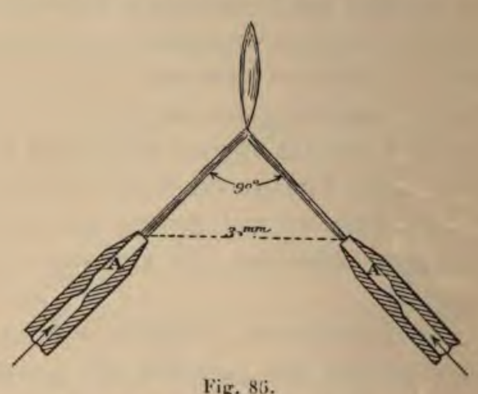


Fig. 86.
Bec de Résener et Luchaire.

faut que les orifices par lesquels s'échappe le gaz soient très fins, de 1 à 3 dixièmes de millimètre de diamètre, suivant l'importance de la flamme qu'on veut obtenir et la pression du gaz.

MM. de Résener et Luchaire ont recherché expérimentalement quelles sont les meilleures proportions à

donner aux becs et ils ont conclu de leurs recherches que les deux jets gazeux doivent se rencontrer sous un angle de 90° (fig. 86), que la pression doit être d'au minimum 80 millimètres d'eau et que, pour des pressions variant de 80 à 100 millimètres d'eau, les orifices de sortie du gaz doivent être éloignés d'autant de millimètres qu'il est dépensé de litres de gaz à l'heure pour les deux jets réunis, soit 30, 35 ... millimètres pour des débits de 30, 35 ... litres à l'heure.

Ils disposent d'ailleurs, en avant de l'ajutage proprement dit, une chambre A d'un diamètre un peu plus grand que l'ajutage; le gaz ne s'enflamme qu'à l'extrémité de cette chambre qui est d'un diamètre suffisant pour ne pas s'encrasser facilement. Avec une pression assez élevée, ces becs auraient, paraît-il, donné de bons résultats.

M. Ragot avait déjà proposé l'emploi de deux ajutages séparés pour la formation de la flamme Manchester (fig. 87) ; il y avait été conduit en considérant que les



Fig. 87.
Bec Ragot.



Fig. 88.
Bec Lebeau et Hütter.

flammes seraient ainsi, sur tout leur trajet, entourées d'air et qu'il se formerait aussi un appel d'air plus énergique entre les deux lames gazeuses formant la flamme papillon, et que, par conséquent, les meilleures conditions pour brûler l'acétylène avec son maximum d'éclat seraient réalisées. Les becs de ce genre donnent

de bons résultats quand ils sont bien réglés, mais il est très difficile d'obtenir que les deux jets soient bien dirigés l'un contre l'autre, parce que les tiges se déforment sous l'action des chocs et surtout des dilatations et contractions dues à la chaleur.

M. Ragot, et après lui, MM. Lebeau et Hütter ont employé, pour éviter ce dernier inconvénient, des becs plus rigides, de la forme représentée figure 88 ; les résultats ainsi obtenus auraient été très satisfaisants.

102. ***Becs bougies.*** — Parmi les brûleurs qui ont été employés avec le plus de succès, il faut citer ceux qui

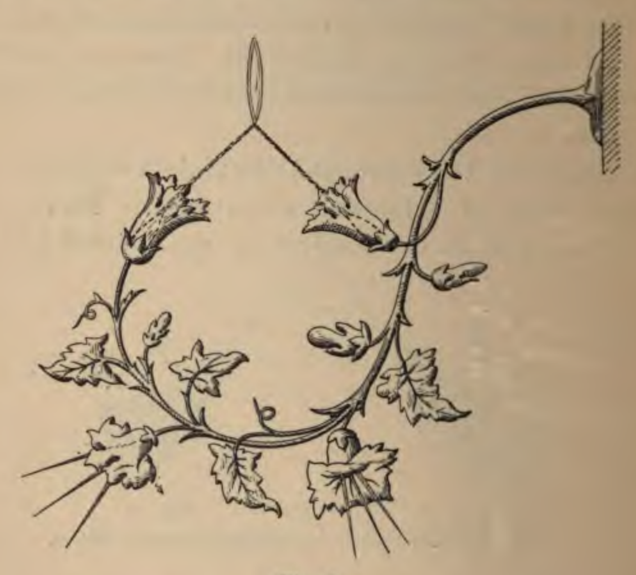


Fig. 89.
Applique artistique pour l'éclairage à l'acétylène.

donnent une flamme en forme de dard, ou de flamme de bougie. Ils se composent simplement d'une ouverture cylindrique de dimension convenable, percée dans le chapiteau du brûleur, ou bien d'un petit tube capillaire

à l'extrémité supérieure duquel le gaz est allumé.

Lorsqu'on emploie ce type de brûleur, l'intensité lumineuse de la flamme qu'on peut obtenir est rapidement limitée et on est conduit, lorsqu'on désire obtenir des foyers lumineux plus intenses, à multiplier le nombre des flammes. Dans les becs employés par le Dr Clausolles, chaque flamme donne une lumière de 8 bougies, les becs à plusieurs ajutages prennent la forme d'une pomme d'arrosoir ou d'un champignon, comme l'indique le dessin reproduit en haut de la figure 31 ; le chapiteau du brûleur est en aluminium ; l'emploi de ce métal est très favorable.

Les brûleurs représentés figure 86, lorsqu'on les emploie isolément, donnent une flamme en forme de dard.

En groupant convenablement dans une même applique les becs de ce genre et les becs Manchester, on peut obtenir des efforts artistiques très heureux. La figure 89 représente une applique artistique construite par MM. de Résener et Luchaire, dans laquelle les dards forment les pistils lumineux de fleurs en métal ou en verre et le papillon semble suspendu entre deux fleurs, la flamme n'étant visible qu'au point où les deux jets se rencontrent et s'étalent.

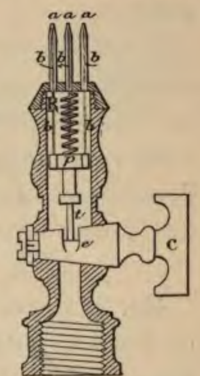


Fig. 90. Becs Fescourt à nettoyage automatique.

Les brûleurs ordinaires à flamme en forme de dard s'obstruant facilement, un inventeur, M. Fescourt, a eu l'idée originale de construire des becs dans lesquels la manœuvre du robinet d'arrivée du gaz suffit à assurer le nettoyage automatique des brûleurs. La figure 90 représente la disposition qu'il a adoptée. Les brûleurs

sont formés par des tubes *a*; dans chacun de ceux-ci se trouve une petite aiguille *b* qui vient reposer, à la partie inférieure, sur une traverse *p*, fixée elle-même sur une tige *t*, et qu'un ressort R presse contre un excentrique *e*, monté sur la clé C, qui commande l'arrivée du gaz; lorsqu'on manœuvre cette clé, les aiguilles *b* sont soulevées et débouchent les orifices *a* de sortie du gaz, puis retombent sous l'action du ressort R.

103. *Becs papillons.* — Les becs papillons employés pour l'éclairage à l'acétylène sont analogues aux becs de ce genre employés pour le gaz de houille, seulement la fente par laquelle le gaz s'échappe est beaucoup plus fine. Ils donnent de bons résultats lorsqu'ils sont souvent nettoyés.

Beaucoup de constructeurs placent à l'intérieur des brûleurs, de quelque genre qu'ils soient, un petit tampon de toile métallique qui retiendrait une partie des impuretés contenues dans le gaz et diminuerait ainsi en partie l'encrassement des becs; il éviterait, en outre, les retours de flamme dans les canalisations.

104. *Brûleurs auto-mélangeurs.* — Pour éviter l'emploi de becs à ajutages très fins qui se bouchent trop facilement, M. Bullier emploie des becs spéciaux dans lesquels l'acétylène se mélange à une proportion convenable d'air immédiatement avant d'être brûlé. On peut alors employer des orifices plus larges.

Les figures 91 à 94 représentent un bec de ce système, avec deux jets inclinés comme dans le bec Manchester. Le gaz arrive par les conduits centraux *aa* qui se relient chacun respectivement, vers leur partie supérieure, à des conduits inclinés venant aboutir à l'air libre en *bb*. Il se fait dans ces derniers un vif appel d'air et celui-ci se

mélange avec l'acétylène pour donner une flamme bien éclairante. Les dimensions des conduits sont telles que le mélange contienne 50 pour 100 d'air. Dans un bec genre Bengel (fig. 95) l'appel d'air est obtenu de même

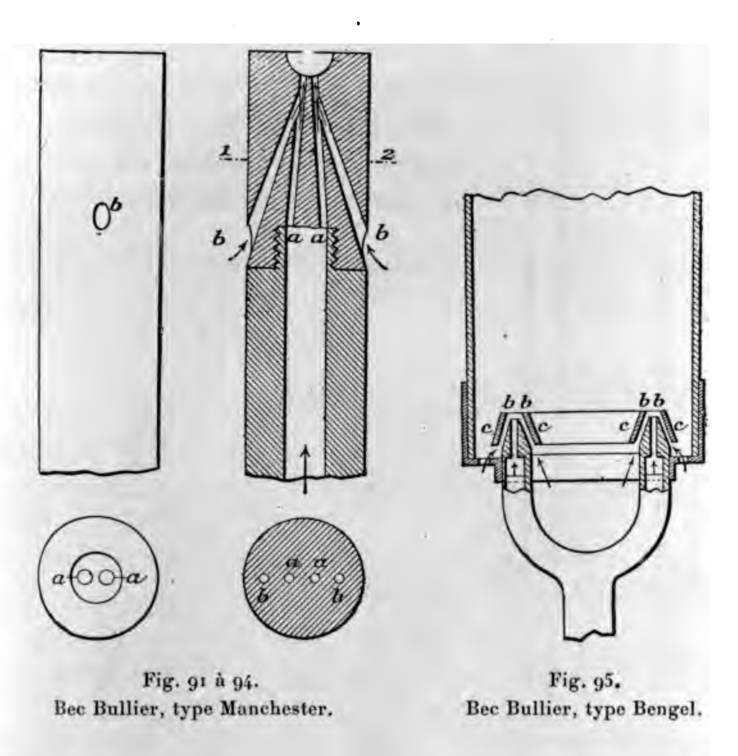


Fig. 91 à 94.
Bec Bullier, type Manchester.

Fig. 95.
Bec Bullier, type Bengel.

par des passages latéraux entre l'ajutage du gaz et deux couronnes *cc*, l'une extérieure, l'autre intérieure.

Dans un autre modèle, M. Bullier emploie un dispositif analogue à celui du bec Bunsen. Le gaz arrive par un ajutage étroit *b* au bas d'un long tube *c* à l'extrémité duquel se trouve le brûleur, soit pour flamme cylindrique (fig. 9 r flamme plate, en papillon (fig. 97). En face d ges *h*, un orifice *d* se trouve percé dans la pa ntraîné par le gaz sous pression se

mélange avec celui-ci dans le tube *c* qui joue le rôle de chambre de mélange, en sorte qu'on obtient au brûleur une combustion complète donnant une flamme très éclairante. L'orifice *d* est muni d'une virole qui permet de l'obturer plus ou moins pour régler l'arrivée d'air et obtenir ainsi le maximum d'effet utile.

En groupant (fig. 98) deux ou trois jets convergents, on obtient un bec du genre Manchester donnant une belle flamme; *c* sont les viroles servant à régler l'arrivée de l'air.

Fig. 96 et 97.
Bec Bullier, genre Bunsen.

Fig. 98.
Becs Bullier à trois jets convergents.

Fig. 99.
Bec Cruveillier.

Pour obtenir un meilleur brassage de l'air et de l'acétylène, M. Cruveillier dispose à l'intérieur de la chambre de mélange plusieurs tuyères (fig. 99) d'ouverture de

plus en plus grande; chaque cellule ainsi formée est munie d'orifices d'entrée de l'air, qui peuvent être plus ou moins obturés par la manœuvre du tube extérieur, afin de régler la proportion des deux gaz.

105. ***Gazomètres auto-mélangeurs Dickerson.*** — Ces appareils ont été inventés dans le but de former automatiquement un mélange d'air et d'acétylène en proportions convenables, le but de M. Dickerson étant de distribuer par canalisations ce mélange qui aurait été ensuite

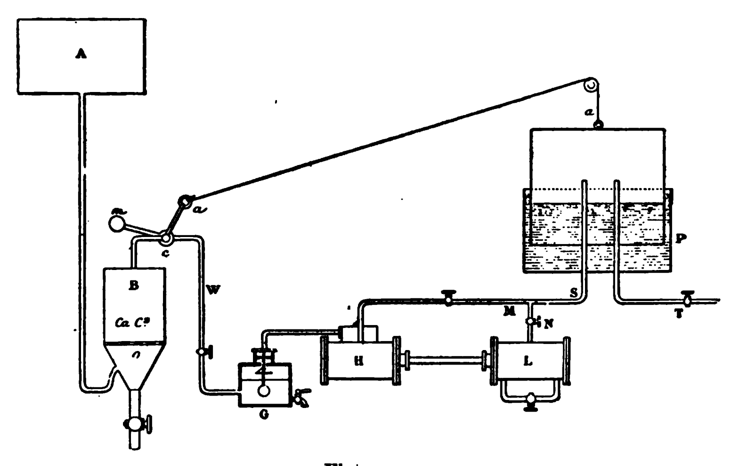


Fig. 100.
Appareil auto-mélangeur de Dickerson.

brûlé dans les becs ordinaires employés pour le gaz de houille; nous avons vu (§ 96) que cette pratique doit être condamnée.

La figure 100 représente un appareil de ce genre dans lequel l'acétylène engendré en B sous une pression assez forte, actionne par sa détente une pompe à air HL; le mélange d'air et d'acétylène se forme dans le gazomètre P.

Lorsqu'on ne dispose pas d'acétylène sous une pression

suffisante, on doit engendrer au moyen de moteurs l'air comprimé à la même pression que l'acétylène; on emmagasine les deux gaz dans des gazomètres séparés et le mélange se fait ensuite dans un troisième gazomètre. La figure 101 représente un appareil basé sur ce principe, dans lequel les trois gazomètres sont réunis en un seul; l'air arrive en F et passe par les fenêtres G dans la cloche B où se fait le mélange avec l'acétylène

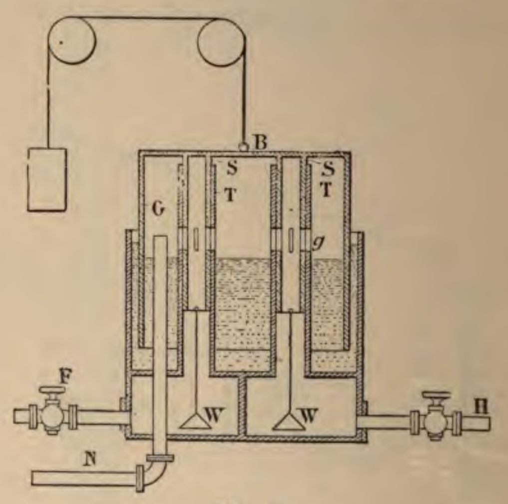


Fig. 101.
Gazomètre auto-mélangeur de Dickerson.

venant par H et passant par *g*. Le tuyau N relie le gazomètre aux appareils d'utilisation, la proportion des deux gaz est déterminée par leurs pressions respectives et par les dimensions relatives des ouvertures G et *g*; celles-ci sont calculées pour que le mélange soit fait en proportions convenables; mais si le débit d'un des deux constituants vient à diminuer ou à augmenter, les proportions du mélange varieront et celui-ci pourra devenir explosif.

Le danger peut être évité en employant des gazomètres séparés et en faisant commander l'arrivée de l'air au gazomètre central par la cloche du gazomètre à air, et réciproquement. De la sorte, si le débit d'un des deux gaz vient à cesser, l'autre sera également arrêté.

106. *Gazomètre Thivert.* — L'appareil de M. Thivert comprime automatiquement l'air nécessaire au mélange. Pour cela, l'acétylène pénètre dans un gazomètre N (fig. 102) dont la cloche est reliée, par un levier X pivoté en son centre, à la cloche d'un second gazomètre R.

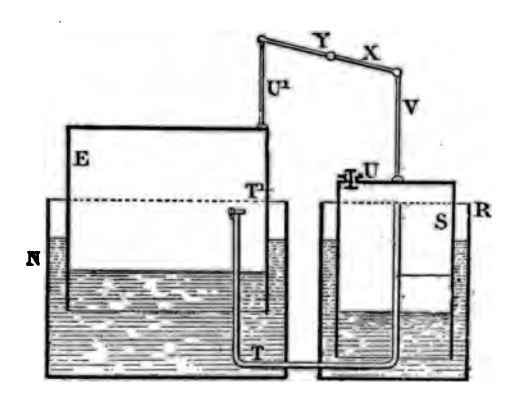


Fig. 102.
Gazomètre Thivert.

Lorsque la cloche du premier s'élève, celle du second s'abaisse et chasse l'air qu'elle contient dans le premier par le tuyau T. Lorsque au contraire elle descend, celle du second remonte et se remplit d'air par la soupape U. La soupape T¹ empêche le mélange d'air et d'acétylène de s'échapper par le tube T. L'arrivée de l'acétylène en N doit être commandée par un robinet manœuvré automatiquement par la cloche E, afin que celle-ci reçoive un mouvement alternatif régulier de montée et de descente.

CHAPITRE IX

Prix comparé de l'éclairage à l'acétylène. Applications.

107. ***Prix du mètre cube d'acétylène.*** — Nous pouvons estimer exactement le coût d'un mètre cube d'acétylène en nous basant sur les chiffres que nous avons déjà donnés ; nous savons, en effet, qu'un kilogramme de carbure de calcium dégage en moyenne 300 litres de gaz, et nous avons établi que le prix de vente du carbure ne dépasserait pas 400 francs la tonne lorsque l'ère des applications industrielles sera réellement ouverte (§§ 38 et 36). Dans ces conditions, le mètre cube d'acétylène reviendrait à $\frac{0,40 \times 1000}{300} = 1,33$ fr. Nous négligeons les frais entraînés par l'entretien des générateurs, par leur amortissement, par la main-d'œuvre, etc., car ces frais sont très minimes et, en tout cas, comparables aux frais accessoires qu'entraînent les autres procédés d'éclairage : entretien et réparation des lampes, mèches, verres, location des compteurs, que nous négligerons aussi en évaluant le prix de l'éclairage par ces procédés.

108. ***Consommation d'acétylène par carcel-heure.*** — Le volume d'acétylène qu'il faut brûler pour obtenir une lumière égale à celle d'une carcel pendant une heure, varie avec l'intensité lumineuse du foyer qu'on désire

obtenir. Voici les chiffres que nous adopterons pour comparer le prix de revient de l'éclairage à l'acétylène à celui des autres modes d'éclairage.

Intensité du foyer lumineux.	Consommation d'acétylène en litres par carcel-heure.
Moins de 1 carcel.	8,5 litres.
Entre 1 et 2 carcels.	8 —
— 2 et 5 —	7,5 —
— 5 et 10 —	7 —
Au-dessus de 10 carcels.	5,56 —
Becs intensifs à récupération.	5 —

Ces chiffres ont été obtenus par M. Hubou ou par M. Bullier ; ils ont été vérifiés par les laboratoires des grandes Compagnies de chemins de fer ou par le laboratoire de la Ville de Paris (service de la vérification du gaz) ; ils ne peuvent donc être suspectés de partialité ; ils sont d'ailleurs moins favorables à l'acétylène que tous les chiffres publiés par les commerçants qui exploitent ces procédés.

109. ***Comparaison avec les autres systèmes d'éclairage.*** — Nous avons réuni dans le tableau suivant les chiffres relatifs aux frais entraînés par l'éclairage à l'aide de différents systèmes, ainsi que la quantité de chaleur dégagée par heure et le volume d'acide carbonique déversé dans l'atmosphère pendant le même temps (1).

Les qualités de la flamme d'acétylène seules suffiraient à justifier son adoption ; les points de vue hygiénique et économique lui sont non moins favorables.

Les dépenses contenues dans ce tableau sont établies en se basant sur les prix payés à Paris qui sont plus élevés que dans la plupart des autres villes de la pro-

(1) Rappelons qu'un homme adulte produit par heure en respirant environ 20 litres d'acide carbonique et dégage environ 100 calories.

vince et de l'étranger; elles n'ont donc qu'une importance toute relative. La plupart d'entre elles ne demandent aucun commentaire; il est, au contraire, indispensable d'indiquer sommairement comment les autres ont été calculées.

Bec Auer. — Les frais occasionnés par l'éclairage avec le bec Auer comprennent la dépense de gaz et le renouvellement des manchons. Les meilleurs brûleurs actuels dépensent environ 20 litres de gaz par carcel-heure. Les manchons valent $2^{fr},50$; leur durée varie énormément avec le soin avec lequel l'allumage est fait; elle ne dépasse pas, en moyenne pratique, 500 heures; c'est le chiffre que nous avons adopté; d'après des expériences faites récemment en Allemagne, elle ne serait que de 350 heures.

Incandescence électrique. — La dépense indiquée comprend la dépense de courant et le renouvellement de la lampe. Les valeurs adoptées sont relatives à des expériences faites sur des lampes de bonne fabrication et qui ont été publiées dernièrement (1). La puissance lumineuse des lampes a varié entre 19 et 12,5 bougies au début, et 14,5 et 11 bougies après 600 heures de service; la moyenne est de 14 bougies. La consommation moyenne de courant mesurée à fréquents intervalles pendant toute la durée des essais correspond à 3,51 watts par bougie. La carcel est prise comme équivalente à 8 bougies.

Le courant est compté à raison de 1,20 fr. le kilowatt-heure. C'est à peu près sa valeur moyenne à Paris. C'est un prix élevé; à Londres, il vaut moitié moins; enfin,

(1) Voir *L'Éclairage électrique*, 8 février 1896, p. 250.

dans les installations importantes, usines, théâtres, grands magasins, où le courant est engendré sur place par des moteurs spéciaux et des dynamos, le kilowatt-heure peut ne coûter que 0,10 fr. ou 0,15 fr. La lumière électrique est alors le procédé d'éclairage le plus économique qu'on puisse adopter.

Arc électrique. — La dépense de courant par carcel-heure varie avec l'intensité lumineuse du foyer employé. Elle peut atteindre 7 et 8 watts par carcel pour les petits foyers et tombe à 4,5 watts environ pour les foyers intenses. L'usure des charbons peut être évaluée, toutes pertes comprises, à 8 centimètres par heure en moyenne, le diamètre des charbons augmentant avec l'intensité; la dépense qui en résulte serait de 0,1 centime environ pour les petits foyers et 0,02 centimes pour les foyers intenses, par carcel et par heure, en comptant les charbons au prix du détail.

La même observation que pour les lampes à incandescence peut être faite relativement au prix du courant.

Tableau comparatif des différents procédés d'éclairage.

Description des bruleurs. Consommations horaires. Prix unitaires.	Dépenses par carcel-heure en centimes.		Chaleur dégagée par carcel-heure en calories.		Acide carbonique par carcel-heure en litres.	
	Divers	Acétylène	Divers	Acétylène	Divers	Acétylène
Bougie stéarique — 70 gr. par carc.-h. — 2 fr. le kg	14,4	1,13	700	90	39	17
Lampe à huile — 42 — — 1.20 —	5,04	1,06	420	85	58,5	16
— à pétrole — petite — 44cm³ par carc.-h. — 0fr,65 le litre.	2,86	1,06	300	85	37	16
— — grande — 32 — — — —	2,08	1,	250	79	31	15
Gaz à 0fr,30 le m³.						
Bougie — 200 lit. par carc.-h.	6,	1,06	1 040	85	140	16
Papillon — 130 — —	3,9	1,06	660	85	84	16
Bengel — 105 — —	3,15	1,06	520	85	71	16
Parisien (5,72 carcels — 200 lit.-h.)	1,15	0,93		74		14
Industriel (7,00 — 350 —)	1,45	0,93		74		14
Lampe Wenham — (11,09 carc — 283 litres-heure)	0,77	0,67		53		10
— Siemens nº 4 (4,4 carc — 200 lit.-h.)	1,36	0,93		74		14
— — 2 (17,2 — 601,5 —)	1,05	0,67		53		10
— — 00 (85,8 — 2404,4 —)	0,84	0,67		53		10
Bec Auer — (20 lit. par carc.-h.)	0,70	1,	100	74		14
Électricité.						
Incandescence	3,50	1,06	26	85	0	16
Arc — petite	1,00	0,93				
— grande	0,56	0,67				10

110. *Applications de l'éclairage à l'acétylène.* — Les installations pratiques d'éclairage à l'acétylène sont encore, ainsi que nous le disions au début de cet ouvrage, très peu nombreuses. Il ne faut donc pas s'attendre à trouver ici de descriptions d'usines à acétylène. Nous nous contenterons d'exposer rapidement les applications que ce mode d'éclairage pourra recevoir, en insistant un peu plus longuement sur celles qui ont été en partie réalisées.

Usines centrales. — Une des premières applications auxquelles on ait songé pour l'acétylène était sa canalisation générale toute comme pour le gaz de houille. Le faible volume d'acétylène qu'il faut débiter pour obtenir une quantité considérable de lumière permettrait d'employer des canalisations de plus petit diamètre et, par conséquent, de diminuer les frais de premier établissement par rapport au gaz de houille. Bien des usines à gaz établies il y a quelques années ne peuvent satisfaire à la demande de leurs clients plus nombreux qu'il n'avait été prévu au début. La substitution de l'acétylène au gaz de houille permettrait de fournir 15 ou 20 fois plus de lumière, sans modifier les canalisations existantes. En outre, l'acétylène est un gaz absolument fixe et l'on aurait aucun inconvénient à redouter de la gelée, en hiver.

A côté de ces avantages, il faut citer les inconvénients suivants : la pression sous laquelle l'acétylène doit être brûlé est beaucoup plus élevée que celle du gaz de houille; les fuites seraient donc plus difficiles à éviter et toujours plus considérables ; or, les mélanges d'air et d'acétylène détonent plus facilement que les mélanges d'air et de gaz de houille; il pourrait en résulter des accidents. L'acétylène est explosif sous l'action d'une capsule

de fulminate de mercure, mais l'explosion est locale et ne se propage pas; dans les premiers temps, on admettait que l'acétylène pouvait faire explosion, sous l'action d'un choc, d'une étincelle, d'une explosion d'acétylure de cuivre, etc.; on avait donc conclu qu'il ne pourrait jamais être canalisé en grand. Ces craintes n'étaient pas complètement justifiées, mais il n'en n'est pas moins certain qu'en cas de malveillance, possible pendant une émeute ou une révolution, ces canalisations seraient un danger permanent pour la ville. On pourrait sans doute limiter le danger en disposant des séparations, des toiles métalliques de distance en distance dans les canalisations; mais rien ne prouve que ces palliatifs seraient suffisants, et ils seraient une gêne considérable pour l'exploitation dont ils augmenteraient les charges.

Le prix de revient de l'éclairage serait augmenté par suite des dépenses entraînées par les canalisations et leur construction, par les charges imposées par les municipalités, ainsi que pour les pertes de gaz.

Il est donc peu probable que l'acétylène soit jamais canalisé en grand.

Carburation du gaz d'éclairage. — Nous ne croyons pas que cette application soit non plus jamais réalisée pratiquement. Il est, en effet, assez difficile de brûler dans de bonnes conditions le mélange de ces deux gaz de densités très différentes; la proportion d'acétylène nécessaire pour donner un enrichissement suffisant est assez considérable et, dans ces conditions, l'enrichissement revient plus cher qu'avec les carburateurs employés jusqu'ici. D'ailleurs, il vaudrait mieux employer l'acétylène directement, puisqu'il donne un même éclairage à meilleur compte que le gaz de houille,

lorsqu'on n'emploie pas les becs à incandescence et pour ceux-ci, la carburation est inutile.

Une application de ce genre cependant, qui mérite d'être notée a été proposée par M. Willson. Elle consiste à faire passer le gaz de houille sur du carbure de calcium pour le dessécher et l'enrichir en même temps. L'humidité étant nuisible cette opération serait doublement avantageuse.

Installations privées. — C'est une des applications qui recevront le plus promptement la sanction de la pratique. Lorsque les différentes conditions à réaliser pour obtenir des appareils générateurs donnant un débit régulier de gaz sans crainte de surproduction seront mieux comprise des inventeurs, lorsque les appareils de canalisation seront mieux construits en vue d'éviter les fuites qui répandent dans les locaux éclairés à l'acétylène une si mauvaise odeur, lorsque de bons becs brûleurs ne s'encrassant pas auront été inventés ; enfin, lorsque les appareils imparfaits et par conséquent dangereux, que tant d'inventeurs ou de constructeurs ignorants ont cherché à implanter seront retournés où ils auraient toujours dû rester, alors le public commencera à prendre confiance et les installations privées d'éclairage à l'acétylène se multiplieront. Elles réaliseront le procédé le plus pratique et le plus économique d'éclairage des châteaux, des villes, des appartements même, dans les endroits où le gaz de houille n'est pas canalisé. Si l'on n'emploie pas l'acétylène « en bouteille », les appareils générateurs devront contenir une provision de carbure suffisante pour satisfaire à l'éclairage moyen pendant au moins une huitaine de jours afin qu'on ne soit pas forcé de faire trop souvent le nettoyage, manipulation assez désagréable en raison de la mau-

vaise odeur et de la présence du lait de chaux. Un appareil bien construit peut alimenter un nombre de becs très variable, ce qui sera très utile les jours de fêtes ou de réceptions.

Quelles seront les dépenses entraînées par une installation de ce genre?

La grandeur du gazogène à employer doit être déterminée par le nombre de becs à alimenter en moyenne et par la consommation de gaz de chacun d'eux en se basant sur ce que le nettoyage et le rechargement de l'appareil doit être fait au plus dans les huit jours. Si l'appareil doit être soumis à un régime variable, pour réceptions, soirées, il doit pouvoir fournir sans recharge une quantité de gaz équivalente à la consommation de tous les becs pendant toute la durée de la nuit.

On construit couramment des gazogènes des capacités et prix suivants :

Charge totale de carbure de calcium.	Volume d'acétylène correspondant.	Prix du gazogène avec son gazomètre.
6 kg.	1800 litres.	450 fr.
12 »	3600 »	600 »
24 »	7200 »	800 »
36 »	10800 »	1000 »

Supposons qu'on veuille éclairer un château ou une villa dans les conditions suivantes :

10 becs de 20 litres (donnant une lumière équivalente à 2 1/2 ou 3 carcels), seront allumés tous les soirs pendant 5 heures au minimum, en temps ordinaire. Les soirs de réception, 40 becs de même puissance seront allumés pendant 10 heures environ.

La consommation quotidienne de gaz sera de $10 \times 20 \times 5 = 1\,000$ litres. Pendant une semaine, on dépensera donc de 7000 à 8000 litres; un appareil de 24 kg qui peut fournir sans recharge 7200 litres

devra donc être adopté; d'ailleurs, le même appareil pourra assurer le service extraordinaire qui correspond à une dépense de gaz de $40 \times 40 \times 10 = 8\,000$ litres environ.

Le prix de cet appareil serait de 800 francs; en plus, il faudrait compter les dépenses occasionnées par l'installation des tuyaux de canalisation, l'achat des becs brûleurs et leur montage. Ces dépenses sont variables suivant la disposition des locaux, le prix de la main-d'œuvre dans la contrée, le luxe plus ou moins grand de l'ornementation; nous ne chercherons donc pas à les évaluer en détail.

Si l'on emploie l'acétylène liquéfié ou comprimé, on devra se munir d'un nombre de récipients dont la capacité totale soit suffisante pour assurer le service pendant au moins un jour; en outre, il sera nécessaire de disposer un branchement sur lequel seront vissés au moins deux récipients afin que l'on puisse mettre immédiatement le second en service lorsque le premier est vidé. Le nombre de bouteilles ainsi mises en batterie doit être proportionné au débit de gaz prévu et à la capacité de chacune d'elles. La mise en service successive de ces bouteilles exige une surveillance plus active qu'avec l'emploi des gazogènes, mais d'un autre côté, on est affranchi de la manipulation du carbure. Le prix d'installation du branchement peut être évalué à environ le quart du prix d'un gazomètre pour un service équivalent.

Quant au prix de revient de l'éclairage par bec et par heure, on le calculera facilement en se basant sur ce que nous avons dit aux paragraphes 89, 90, 107, 108 et 109, lorsqu'on connaîtra la consommation horaire des becs. Il est indépendant de l'importance de l'installation, car les frais de main-d'œuvre et d'entretien des appareils sont pratiquement négligeables.

Le calcul que nous venons de faire peut être refait pour une installation quelconque comprenant un nombre différent de becs ou des becs plus ou moins puissants; cet exemple suffit pour indiquer au lecteur intelligent comment il pourra se rendre compte des dépenses que lui occasionnerait l'installation de l'éclairage à l'acétylène.

Lampes portatives. — Dans l'état actuel de la question, nous ne croyons pas que les lampes gazogènes puissent entrer dans la pratique. Nous avons expliqué tout au long les difficultés qu'on rencontre dans la construction d'une telle lampe; nous n'y reviendrons pas. La solution semble devoir être cherchée dans l'utilisation de l'acétylène liquéfié ou comprimé ou mieux encore dissous.

Le prix d'achat des lampes varierait évidemment dans de grandes proportions, suivant le luxe et la qualité de la lampe, mais le prix de l'éclairage serait le même que dans le cas d'installations avec canalisations et brûleurs à poste fixe puisqu'il ne dépend que du volume de gaz dépensé et du prix de celui-ci. Il faut cependant remarquer que, dans les lampes des deux premières classes, on serait conduit à perdre une quantité notable de carbure, si la capacité de la lampe n'était pas bien proportionnée au service à effectuer. Admettons, par exemple, qu'on allume une lampe pendant 6 heures tous les jours et que la provision de carbure soit suffisante pour assurer une durée d'éclairage de 14 heures. Le troisième jour, il ne restera plus de carbure que pour une durée d'éclairage de 2 heures; il faudra donc jeter ce carbure ou s'astreindre à nettoyer et à recharger la lampe au milieu de la soirée. Il faut d'ailleurs, à chaque rechargement, mettre une quantité de carbure suffisante pour qu'on ne soit pas exposé à se trouver sans lumière à un moment donné.

Avec les lampes de la troisième classe, ces inconvénients n'existent pas, puisque le carbure non utilisé reste parfaitement intact.

Ils existent encore moins avec les lampes à acétylène liquéfié, comprimé ou dissous, car il suffit de dévisser le récipient épuisé et de le remplacer par un récipient nouveau, opération facile et rapide, pour remettre la lampe en état. Les dangers de l'acétylène liquide et le faible volume de gaz que permet d'emmagasiner l'acétylène comprimé, nous font donner la préférence à l'acétylène dissous dont le prix de vente serait d'ailleurs beaucoup moindre.

Projections. — L'acétylène se prêtant remarquablement bien à l'obtention de foyers lumineux très intenses rendra de grands services pour l'art de plus en plus répandu des projections, dont l'utilité pour l'instruction, la vulgarisation et même simplement pour la distraction, le soir, en famille, n'est plus à démontrer.

M. Trouvé a construit dans ce but des foyers intenses, de 35 carcels qui ont donné d'excellents résultats. Ce mode d'éclairage sera certainement adopté d'ici peu de préférence à tous les autres tant que l'intensité lumineuse désirée n'exigera pas l'emploi de l'arc électrique. Plusieurs sociétés de photographie, en France, en Algérie et à l'étranger, l'emploient déjà d'une façon courante.

Photographie. — La flamme de l'acétylène étant excessivement riche en rayons actiniques pourra être utilisée avec grand avantage pour la photographie pendant la nuit.

On construira un matériel spécial, facilement transportable, qui pourra rendre de réels services pour la photographie des grottes, souterrains, etc.

Éclairage des phares. — L'acétylène ne pourra évidemment pas songer à remplacer l'éclairage électrique pour les puissants fanaux qui éclairent nos côtes ; mais pour les phares d'un ordre inférieur, surtout pour ceux qui sont isolés, l'acétylène sera certainement d'une grande utilité, tant par son éclat et son bon marché que par la facilité de sa fabrication. Toutefois, cette application ne pourra être envisagée utilement que lorsque les appareils, tant générateurs que brûleurs, seront d'une perfection suffisante pour rendre improbable tout arrêt fortuit dont les conséquences pourraient être trop désastreuses pour qu'on laisse la moindre marge à l'imprévu.

Il en sera de même pour les bouées lumineuses employées à l'entrée des ports, dans l'estuaire de certains fleuves.

Pour ces deux applications, l'emploi de l'acétylène liquéfié, comprimé ou dissous, est tout indiqué.

Éclairage des voitures de chemins de fer, de tramways, etc. — Nous savons tous par expérience combien est défectueux l'éclairage des wagons de chemins de fer ; les ingénieurs des Compagnies le savent bien aussi et le déplorent ; mais ils sont forcés de se contenter de ce qui existe : on a essayé les becs à incandescence par le gaz ; les manchons sont trop fragiles ; ils ne peuvent résister aux chocs et surtout au nettoyage des lampes ; les lampes électriques sont trop coûteuses. Aussi, dès l'apparition de l'éclairage à l'acétylène, des expériences furent-elles entreprises par différentes Compagnies. Les premiers essais furent faits dès juin 1895, par M. Chaperon, ingénieur-chef de la 3e division à la Compagnie P.-L.-M., en collaboration avec MM. Rodary et Bullier ; d'autres essais furent faits, en janvier 1896, par MM. Dumont et Hubou, à la Compagnie de l'Est, puis

sur le chemin de fer de ceinture entre la gare St-Lazare et Auteuil. Lors du voyage fait par le Président de la République dans le Midi, en janvier 1896, le train présidentiel fut éclairé à l'acétylène. Toutes ces expériences ont donné des résultats très satisfaisants au point de vue de l'économie et de l'éclairage produit, mais elles ont dû être suspendues afin de permettre l'étude plus approfondie des brûleurs qui s'encrassent rapidement et peuvent entraver la régularité du service ; elles seront reprises d'ici peu, à la grande satisfaction du public et des Compagnies.

Voici à titre d'exemple les procédés employés à la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Le gaz était engendré à la pression de 10 atmosphères dans l'appareil Bullier que nous avons décrit (§ 69). Il était emmagasiné à cette pression dans les cylindres en métal d'une capacité de 300 litres placés sur les wagons et qui servent d'ordinaire de réservoir pour le gaz d'huile comprimé ; un détendeur ramenait la pression à la valeur convenable pour la consommation, comme dans le système d'éclairage au gaz d'huile. Les brûleurs qui donnèrent les meilleurs résultats furent les becs Manchester. Chaque bec consommait 12 litres à l'heure et donnait une lumière de 1,5 carcel. Le prix de revient était donc de 0,018 fr. par bec et par heure ; c'est exactement ce que coûte l'éclairage d'un wagon de première classe par le gaz d'huile ; mais dans ce dernier cas, la puissance lumineuse obtenue n'est que de 0,7 carcel. L'avantage revient donc à l'acétylène. Lorsqu'on emploie les lampes à pétrole, l'éclairage d'un wagon de première classe comporte deux lampes coûtant chacune, par heure 0,0116, soit 0,0232 fr. pour les deux ; enfin l'éclairage électrique avec une lampe de 10 bougies, revient, à la Compagnie du Nord à 0,028 francs par heure.

Des essais d'éclairage à l'acétylène ont été faits aussi par d'autres Compagnies, notamment par la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée et par la Compagnie des chemins de fer de Berne, en Suisse, avec des résultats aussi favorables.

La Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine a fait l'essai de l'éclairage à l'acétylène sur une voiture des tramways à vapeur Serpollet allant de la Madeleine à Gennevilliers. Le générateur, type Létang et Serpollet (§ 41 et 63) était installé sous l'escalier de la voiture; son poids total, tout chargé, était de 12 kilogrammes.

La consommation, durant les expériences, était de 80 litres à l'heure. La dépense de chacun des becs était la suivante :

Plate-forme.	15	litres à l'heure.
Impériale.	15	—
Fanal.	10	—
Intérieur.	40	—

L'éclairage obtenu était suffisant pour qu'on pût lire à toutes les places de la voiture.

La pression sous la cloche du gazogène était de 35 centimètres d'eau; elle était réduite aux becs par un robinet ordinaire. Les essais de consommation ont montré que la dépense journalière de carbure, pour 7 heures d'éclairage, ne dépassait pas 1 450 grammes, ce qui, d'après la consommation des becs donnée plus haut, indiquerait un rendement de 330 litres d'acétylène par kilogramme de carbure.

Les résultats obtenus ont été très satisfaisants, mais, comme pour l'éclairage des wagons de chemin de fer, l'application pratique a été différée.

Il est évident que tous les véhicules autres que les wagons de chemins de fer et les voitures de tramways pourront bénéficier de l'éclairage à l'acétylène ; il en est peu qui en tireront autant d'avantages que les bicyclettes... ou plutôt les bicyclistes. Une lampe légère pouvant donner pendant plusieurs heures une lumière de quelques bougies, en éclairant franchement la route devant le touriste, éviterait bien des accidents. Quelques inventeurs ont essayé, paraît-il, d'engendrer l'acétylène sur leur machine au moyen de dispositifs spéciaux, mais il est certain que cette application ne pourra devenir réellement pratique que par l'emploi de l'acétylène en bouteille.

Laryngoscope éclairé à l'acétylène. — Le Dr Dionisio a présenté à l'Académie de médecine de Turin un laryngoscope dans lequel l'éclairage de l'organe à observer est obtenu par une flamme d'acétylène. Le docteur porte sur le front un miroir concave fixé par une courroie faisant le tour de la tête et devant lequel est monté le brûleur ; un tube en caoutchouc sert à conduire le gaz à ce dernier. La lumière obtenue est supérieure en intensité ainsi qu'en blancheur à celle des appareils à simple miroir ; elle se rapproche de celle des appareils électriques avec lampes à incandescence.

Étalons de lumière. — Enfin nous signalerons une dernière application de l'éclairage à l'acétylène qui pourra rendre de très réels services dans les laboratoires et même dans l'industrie. C'est la construction de lampes étalons pour la photométrie.

Il est très difficile d'obtenir un bon étalon pratique de lumière ; l'intensité lumineuse de la lampe carcel employée usuellement dans ce but, quoique assez constante, varie constamment ; l'intensité lumineuse des

bougies est encore moins fixe. La flamme d'un gaz de composition déterminée brûlant un volume de gaz constant à l'heure peut donner de bons résultats ; c'est sur ce principe qu'est basée la lampe à acétate d'amyle de Siemens qui est un très bon étalon, mais dont la teinte est rouge. L'étalon adopté pour la définition de l'unité d'intensité lumineuse a été déterminé par M. Violle ; c'est la quantité de lumière rayonnée par une surface déterminée (1 cm^2) de platine chauffé à son point de fusion. Elle est absolument fixe. La fusion du platine étant une opération assez difficile à réaliser couramment, l'étalon Violle devrait surtout servir à déterminer la puissance lumineuse exacte des étalons secondaires employés dans la pratique.

M. Violle a construit une lampe dans laquelle l'acétylène mélangé d'air est brûlé sous la pression de 30 centimètres d'eau ; avec une consommation de 58 litres d'acétylène à l'heure, la lumière fournie était de 100 bougies. Un écran muni d'un diaphragme à iris permettait de limiter la partie visible de la flamme à une surface déterminée variable à volonté. L'examen de la flamme au spectro-photomètre montre que, dans toute l'étendue du spectre, depuis C ($\lambda = 0,656$ micron), jusqu'à F ($\lambda = 0,486$ micron), la lumière de l'acétylène diffère très peu de celle du platine en fusion. Elle peut donc être employée très avantageusement comme étalon secondaire ; la facilité avec laquelle on peut l'obtenir la fera certainement adopter d'ici peu.

CHAPITRE X

Manipulations pratiques.

111. ***Installation des appareils. Règlements administratifs.*** — Il est indispensable de prendre certaines précautions pour l'installation des appareils générateurs d'acétylène et pour leur mise en marche ; faute d'avoir observé ces précautions élémentaires, de graves accidents se sont produits qui ont amené les pouvoirs publics à réglementer d'une façon trop sévère l'emploi de l'acétylène. C'est ainsi que les fabriques de carbure de calcium sont classées comme établissements dangereux de la première classe ; il en est de même pour les fabriques d'acétylène liquéfié ou comprimé à plus de 1,5 atmosphère ; on sait que les établissements classés de cette catégorie doivent être éloignés de toute habitation. Les usines fabriquant l'acétylène gazeux à des pressions inférieures à 1,5 atmosphère sont rangées aussi dans la première classe si elles sont destinées à l'usage public ; les petites installations privées dans lesquelles l'acétylène est engendré à des pressions inférieures à cette dernière valeur sont rangées dans la troisième classe.

D'un autre côté, plusieurs Compagnies d'assurances prohibent complètement l'emploi des lampes portatives à

acétylène ; elles frappent d'une surprime les locaux éclairés à l'acétylène ; cette surprime est en général de 0 fr. 15 pour 1 000 sur le mobilier et de 0 fr. 05 pour 1 000 sur les risques locatifs.

Ces règlements ne sont pas encore définitifs ; il est probable qu'ils seront revisés d'ici peu, car ils sont trop rigoureux, tout nous fait espérer qu'ils ne seront même jamais promulgués. Nous ne saurions trop le répéter : si l'on observe les précautions élémentaires de prudence et si les appareils sont construits suivant les règles dictées par la science, l'acétylène gazeux n'est pas plus dangereux que le gaz de houille. Il est certain que sans les accidents causés par le zèle malencontreux d'inventeurs imprudents ou ignorants, son emploi n'aurait jamais été réglementé ; il faudra peut-être plusieurs années avant que le tort causé à la nouvelle industrie soit réparé.

Voici le texte des conclusions du rapport présenté par M. Vieille, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, et adoptées à l'unanimité par le Conseil de salubrité de la Seine relativement à l'installation des appareils.

« Article premier. — Toute personne qui voudra, dans l'immeuble qu'elle occupe, employer un appareil générateur d'acétylène, sera tenue d'adresser préalablement à la préfecture de police une déclaration indiquant :

« 1° La désignation précise du local affecté à l'appareil ;

« 2° Une description de cet appareil avec plans à l'appui, à l'échelle de 2 mm : m et instruction sur le mode de fonctionnement certifiée par le constructeur ;

« Cette déclaration signée et datée.

« Une nouvelle déclaration devra être faite dans le cas où l'installation passerait entre les mains d'un nouveau locataire.

« Art. 2. — Après cette déclaration, l'emploi des générateurs d'acétylène pourra se faire dans les conditions ci-après :

« Les appareils ne pourront en aucun cas être installés dans des caves ou sous-sols ; ils devront être placés soit à l'air libre, soit dans un local bien aéré, éclairé par la lumière du jour, muni d'ouvertures simplement grillagées communiquant avec l'extérieur à l'exclusion des courettes mal ventilées.

« Les bouteilles ou réservoirs d'acétylène liquéfié, placés à l'air libre, seront soustraits à l'action directe du soleil. A cet effet, ils seront entourés d'une enveloppe ou manchon surmonté d'un couvercle servant d'abri au récipient, tout en assurant la libre circulation de l'air le long de ses parois.

« Art. 3. — Les liquides ou matières usées provenant de l'extinction du carbure de calcium, ne pourront être déversés à l'égout sans avoir été préalablement dilués dans un excès d'eau. A cet effet, ces produits seront versés dans une cuve et étendus de dix fois leur volume primitif, avant d'être rejetés à l'égout.

« Art. 4. — Les réservoirs de gaz acétylène comprimé ou liquéfié devront satisfaire aux conditions suivantes :

« 1° Les récipients chargés à une pression inférieure à 10 kg : cm^2 seront éprouvés par le constructeur et sous sa responsabilité à une pression double de celle qu'ils sont appelés à supporter. Ces récipients seront munis de manomètres.

« Dans le cas où les récipients seraient chargés à des pressions supérieures à 15 kg : cm^2, ils seront soumis, aux frais du propriétaire de l'appareil, par le service des mines, à une épreuve officielle opérée avec le martelage et constatant qu'ils supportent une pression égale à une fois et demie la pression maxima des gaz qu'ils contiennent.

« Les bouteilles ou réservoirs d'acétylène liquéfié sont soumis aux épreuves et vérifications actuellement imposées aux réservoirs renfermant l'acide carbonique et le protoxyde d'azote liquéfiés destinés au transport par voies ferrées, sauf en ce qui concerne les conditions de remplissage des récipients.

« Toutes les précautions relatives à la canalisation et à la ventilation des locaux éclairés par le gaz d'éclairage ordinaire sont applicables aux locaux éclairés par le gaz acétylène. »

Au point de vue pratique, il est bon que le local où est placé l'appareil générateur soit dallé, bitumé ou bétonné, plutôt que parqueté, et qu'il soit muni d'une prise d'eau et d'un évier pour faciliter le chargement et le nettoyage.

112. ***Manipulations pratiques.*** — Les manipulations qu'entraîne l'emploi des gazogènes à acétylène sont très simples; elles ne demandent qu'un peu de soin, et comme dans ces conditions, elles ne présentent aucun danger, elles peuvent être effectuées par tout le monde. Nous les résumerons dans ce chapitre en prenant comme exemples l'appareil Deroy (§ 56) pour les gazogènes de la première classe et l'appareil Janson et Leroy (§ 74) pour ceux de la troisième classe. Ce sont des appareils très bien étudiés dans tous leurs détails et d'un fonctionnement régulier. Il en existe d'autres, évidemment, ayant des qualités semblables; les détails de manipulation varient légèrement avec la construction de chaque appareil, mais assez peu pour que ces deux exemples suffisent amplement.

Dans toutes les manipulations, il faut toujours avoir présent à la mémoire qu'un mélange d'acétylène et d'air détone quand il est enflammé, et il faut, par conséquent, se conformer à toutes les précautions que nous avons indiquées au paragraphe 6.

Le carbure de calcium doit être conservé dans des récipients fermés et à l'abri de l'humidité, afin d'éviter qu'il ne se décompose peu à peu, ce qui entraînerait

une perte et répandrait dans le local une forte odeur d'acétylène.

Gazogènes de la 1re classe.

113. *Chargement.* — Au début, lorsque l'appareil est vide, on commence par retirer le couvercle des générateurs 1 et 2 (fig. 43) qui sont fixés par des écrous à rabattement et munis de rondelles en caoutchouc pour obtenir une fermeture hermétique. On prend les seaux à carbure (fig. 42) et l'on remplit chaque cellule environ à moitié avec du carbure en morceaux ; il n'en faut pas mettre une trop grande quantité en raison du foisonnement considérable qui se produit lorsque le carbure se transforme en chaux hydratée. On remet ces deux seaux en place dans les générateurs dont on referme les couvercles ; il faut s'assurer que les robinets 12, 13 et 6 sont bien fermés.

On verse ensuite de l'eau dans le laveur-épurateur 3 ; cet organe est muni d'un trop-plein 11 ; le niveau du liquide ne peut dépasser la valeur strictement nécessaire, puisqu'il est déterminé par la saillie intérieure du tube 11. On établit, au moyen d'un tuyau souple, la communication entre la partie supérieure du laveur-épurateur et le gazomètre 17 (1), puis on verse l'eau dans le bac d'alimentation 14 ; celui-ci communique avec le réservoir 15 par l'intermédiaire d'une soupape commandée par un flotteur placé dans le réservoir ; celui-ci est muni d'un trop-plein 16 dont la partie extérieure est

(1) Dans les appareils un peu grands la quantité d'eau contenue dans la cuve du gazomètre est assez importante ; comme chaque litre d'eau absorbe environ 1 litre d'acétylène, il peut en résulter des pertes de gaz sensibles, parfois 300 ou 400 litres ; on pourra remplacer l'eau ordinaire par de l'eau salée qui absorbe 20 fois moins de gaz. On obtient ainsi, de plus, l'avantage que l'eau du gazomètre ne peut pas geler en hiver.

recourbée. Le niveau supérieur du liquide en 15 est limité par la hauteur de la partie extrême du tube 16 qui peut être réglée à volonté en faisant tourner ce tube autour de son axe ; si le niveau intérieur vient à baisser, la soupape est ouverte par le flotteur et une nouvelle quantité de liquide tombe de 14 en 15 jusqu'à ce qu'il soit rétabli à sa valeur normale.

Lorsque la bâche 14 est remplie, il ne reste plus qu'à tourner le robinet à cadran 6 de façon que l'un des générateurs 1, par exemple, soit en communication avec le réservoir 15, pour mettre l'appareil en marche.

114. *Mise en marche et fonctionnement.* — Au moment de la mise en marche, comme tous les organes du gazogène et la canalisation sont remplis d'air, il ne faut pas enflammer le gaz qui se dégage tout d'abord, car il pourrait se faire que le mélange fut explosif ; on le laisse se dégager librement dans l'atmosphère, et on n'allume les becs que lorsqu'une odeur bien caractérisée d'acétylène se fait sentir.

Cette précaution n'est nécessaire qu'au moment de la première mise en marche.

A partir de ce moment, l'appareil n'exige plus aucun soin jusqu'à ce que le carbure contenu dans les générateurs soit épuisé, et son fonctionnement est complètement automatique.

L'eau qui vient du réservoir 15 par le tube branché à sa partie inférieure est dirigée par le robinet 6 sur le générateur 1 ; elle s'écoule en raison de la pression qui résulte de la différence de niveau entre 16 et 6 ; en tournant le trop-plein 16, on peut donc régler à volonté, dans de larges limites, la pression de l'eau. Le liquide tombe le long des parois du générateur et s'élève peu à peu jusqu'à ce qu'il atteigne le carbure contenu dans

la cellule inférieure ; l'acétylène se dégage alors et sa pression augmente de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur égale à celle de l'eau ; à partir de ce moment l'arrivée du liquide est interrompue ; lorsque la pression du gaz diminue l'eau remonte peu à peu en 6 et, pour une différence de 1 ou 2 millimètres, reprend sa course vers le générateur ; comme d'autre part, elle ne peut attaquer qu'une faible quantité de carbure à la fois, la production du gaz est très régulière ; on peut en augmenter ou en diminuer l'importance à volonté en élevant ou en abaissant le niveau 16.

Peu à peu, l'eau s'élève dans le générateur en attaquant successivement les différentes couches de carbure ; lorsque toutes celles-ci sont épuisées, l'eau atteint le niveau du tube 7 dans la nourrice 4 ; elle pénètre dans ce tube qu'elle remplit et déborde bientôt en 5, d'où elle gagne le générateur qui entre ainsi en activité sans qu'il soit nécessaire, comme on voit, de toucher au robinet 6.

Le gaz engendré en 1 se rend par la nourrice 4 et le tube 8, dans le laveur-épurateur 3, d'où il gagne le gazomètre. Au début, lorsque la pression est la même dans toutes les parties de l'appareil, l'eau contenue en 3 s'élève à la même hauteur dans les tubes 8 et 9 ; lorsque la pression augmente en 1, elle chasse le liquide en 3 et 9 et l'acétylène peut passer au gazomètre ; la pression à l'intérieur de celui-ci augmente jusqu'à sa valeur normale, en sorte que l'eau se trouve refoulée en 9, où la pression est nulle, jusqu'à ce que sa hauteur fasse équilibre à la pression du gaz. On peut donc, rien qu'en regardant lequel des tubes 8 ou 9 est vide, savoir quel générateur est en activité. L'utilité du trop-plein 11 est maintenant évidente : si le liquide s'élevait en 3 à une hauteur telle que sa pression fût supérieure à celle du gaz engendré

en 1, c'est-à-dire supérieure à la différence de niveau entre 6 et 16, le gaz ne pourrait s'échapper et l'appareil ne pourrait fonctionner. Cette partie de gazogène a une fonction importante : supposons que l'on ouvre le robinet 12 ou qu'on enlève complètement le couvercle du générateur 1 ; la pression deviendra nulle dans ce côté de l'appareil ; le gaz contenu dans le gazomètre tendra à s'échapper dans l'atmosphère en suivant un chemin inverse à celui que nous avons tracé plus haut ; mais, il ne peut le faire qu'en chassant l'eau de 3 en 8, où elle s'élèvera jusqu'à faire équilibre à la pression du gaz qui sera ainsi arrêté. On peut donc, grâce à cette disposition, visiter l'appareil pendant la marche sans nuire à son fonctionnement ; le seul inconvénient qui résulte de cette manœuvre, c'est que l'eau arrive en plus grande quantité dans le générateur quand on l'ouvre pendant qu'il est en activité et qu'il en résulte une surproduction de gaz, lors de la fermeture ultérieure. Nous avons vu (§ 56) comment l'emploi des surcharges mobiles du gazomètre permet de pallier à cet inconvénient.

Si, à un moment donné on veut forcer le débit, il suffit de relever le plan d'eau en 16 ; le liquide arrive alors en plus grande quantité et décompose plus de carbure.

On peut remarquer que l'acétylène en s'élevant se dessèche sur les couches de carbure non décomposées.

115. ***Nettoyage et rechargement.*** — Nous venons de voir que l'inspection des tubes 8 et 9 permet de reconnaître quel est le générateur en activité ; si l'on a soin de ne laisser toujours le robinet 6 dans la même position, le même côté de l'appareil sera toujours attaqué dans le même ordre ; on saura donc facilement quand il faudra le recharger.

Cette opération est très simple ; il suffit d'ôter le cou-

vercle du générateur et de retirer le seau à carbure qu'on vide et qu'on lave à grande eau ; on lave de même l'intérieur du cylindre (1 ou 2) qu'on vide par son robinet 13. Lorsque ces organes sont bien secs, on recharge le carbure dans les cellules du seau comme nous l'avons dit précédemment. Cette opération peut se faire sans interrompre la marche de l'appareil et n'exige la manœuvre d'aucun robinet : les générateurs 1 et 2 contenant de l'acétylène ne devront être ouverts que loin de toute lumière.

Chacun des générateurs étant attaqué successivement, le rechargement a lieu aussi alternativement.

Le seul inconvénient de cette manipulation réside dans la mauvaise odeur qui se dégage des résidus, odeur aliacée très forte et très désagréable. Avec un peu de soin et d'habitude, on opère le nettoyage sans salir le moins du monde le local où sont placés les appareils.

Gazogènes de la 3e classe.

116. *Chargement.* — Le chargement des appareils de cette classe est très simple. Il suffit de retirer la cloche C (fig. 69), après avoir ouvert le robinet O pour laisser rentrer l'air, puis d'enlever l'entonnoir. On verse ensuite de l'eau dans l'espace annulaire entourant la cuve A ; cette dernière est percée d'ouvertures vers sa partie supérieure ; lorsque l'eau a atteint le niveau de ces ouvertures, elle tombe dans la cuve A qui doit être remplie jusqu'à une hauteur constante indiquée par un cran pratiqué auprès du tube de dégagement.

Après avoir rempli l'entonnoir de carbure en grains ou en poudre par son ouverture à charnières K, on le remet en place, on s'assure que les robinets O et G sont bien fermés, que la communication entre les appareils

d'utilisation et le générateur est bien établie par le robinet F, et il ne reste plus qu'à remettre la cloche C en place pour que l'appareil soit prêt à fonctionner.

117. *Mise en marche et fonctionnement.* — Lorsqu'on place la cloche dans l'espace annulaire rempli d'eau, elle descend par son propre poids ; si tous les robinets sont fermés, l'air qu'elle contient se comprime jusqu'à ce que sa pression contrebalance le poids de la cloche ; celle-ci s'arrête alors. Pour mettre l'appareil en marche, il suffit d'ouvrir le robinet O. L'air comprimé s'échappe dans l'atmosphère et la cloche C descend de plus en plus, jusqu'à ce que son sommet P vienne rencontrer le bouton *b* qu'elle pousse vers le bas en comprimant le ressort R ; ce bouton est solidaire de la tige I qui porte à sa partie inférieure le bouchon conique M fermant l'entonnoir à carbure ; lorsqu'il est abaissé, une petite quantité de carbure s'écoule et tombe dans l'eau en A, où elle se décompose immédiatement. L'acétylène qui se dégage augmente alors la pression intérieure et fait remonter la cloche ; le ressort R remet le bouchon en place, et la projection de carbure dans l'eau s'arrête. Lorsque le gaz ainsi produit est consommé la cloche redescend peu à peu et bientôt vient pousser le bouton *b*, ce qui renouvelle la provision d'acétylène. La même succession d'opérations se produira jusqu'à ce que tout le carbure soit épuisé.

Il est évident que l'on doit fermer le robinet O dès que l'appareil est mis en marche ; il ne faut allumer le gaz produit qu'après avoir complètement purgé le gazogène et les canalisations de l'air qu'ils contiennent.

Le gaz formé est chargé d'humidité qui se condense en partie sur les parois de l'entonnoir ; si elle venait au contact du distributeur M, elle décomposerait le carbure

et formerait sur le bouchon une boue de chaux nuisible au bon fonctionnement de l'appareil. Pour éviter cet inconvénient, l'entonnoir est muni d'un rebord qui dirige l'eau de condensation hors du contact avec le distributeur.

L'humidité se condense ensuite en majeure partie sur la pierre ponce contenue à la partie inférieure de la colonne E; les dernières traces de vapeur d'eau sont arrêtées par le carbure placé au-dessus de la pierre ponce. La provision de carbure peut durer plusieurs mois. L'eau de condensation est évacuée par le robinet de purge G, de temps à autre.

118. ***Nettoyage et rechargement.*** — L'entonnoir B contient une provision de carbure en poudre de 2, 4 kilogrammes ou plus, suivant les dimensions de l'appareil.

Lorsque cette provision est épuisée, on ferme le robinet F pour éviter que le gaz contenu dans les canalisations ne s'échappe ; on ouvre le robinet O et on retire la cloche; cette opération doit être faite loin de toute flamme; on peut alors remettre du carbure en poudre dans l'entonnoir; il faut avoir soin de nettoyer le cône M avec un chiffon ou mieux avec une brosse avant de le remettre en place. On nettoie la cuve A en évacuant le lait de chaux par le robinet H, puis on la remplit d'eau à la hauteur voulue; on remet en place l'entonnoir puis la cloche et l'appareil est prêt à fonctionner. Le robinet F ne devra être ouvert qu'après avoir évacué l'air par le robinet O.

Il faut évidemment interrompre l'allumage pour nettoyer et recharger l'appareil; de plus, à chaque opération, tout le gaz contenu dans la cloche C est perdu.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'ACÉTYLÈNE

CHAPITRE II

FOURS ÉLECTRIQUES

CHAPITRE III

LE CARBURE DE CALCIUM. — FABRICATION. — PROPRIÉTÉS

CHAPITRE IV

PRÉPARATION DE L'ACÉTYLÈNE

CHAPITRE V

APPAREILS GÉNÉRATEURS. — CLASSEMENT

1re *classe.*

2e classe.

3e classe.

CHAPITRE VI

LAMPES PORTATIVES

1re classe.

2e classe.

3e classe.

CHAPITRE VII

ACÉTYLÈNE LIQUÉFIÉ ET COMPRIMÉ

[illegible] VIII

LA FLAMME DE L'[illegible]E. [illegible] BECS BRULEURS

Becs [illegible]

CHAPITRE IX

PRIX COMPARÉ DE L'ÉCLAIRAGE A L'ACÉTYLÈNE. — APPLICATIONS

Applications.

CHAPITRE X

MANIPULATIONS PRATIQUES

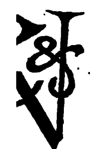
Gazogènes de la 1re classe.

Gazogènes de la 3e classe.

IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET Cie



PARIS
6, RUE DES POITEVINS, 6
(Ancien Hôtel de Thou)



GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS
3, RUE RACINE, PARIS

REVUE GÉNÉRALE
DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUÉES

Paraissant le 15 et le 30 de chaque mois

PAR LIVRAISONS GRAND IN-8° COLOMBIER RICHEMENT ILLUSTRÉES

ABONNEMENT ANNUEL :

Paris, **20** fr. ; Départements, **22** fr. ; Union postale, **25** fr.

Lorsqu'il y a huit ans un Comité de Savants, d'Ingénieurs et d'Agronomes se constituait pour créer, sous la direction de M. Louis Olivier, la *Revue générale des Sciences*, nul ne pouvait prévoir le rapide essor réservé à cette grande publication, la place non seulement considérable, mais prépondérante, qu'elle allait bientôt prendre dans la littérature scientifique du monde entier, l'influence qu'elle exercerait, dans notre pays, sur la marche des sciences et l'application de leurs conquêtes à la vie pratique.

Groupant les forces scientifiques éparses sur le territoire de la France, attirant aussi à elle les savants de l'Étranger, la *Revue* entreprenait de faire concourir les efforts de tous à l'étude des grands problèmes scientifiques, agronomiques et industriels, que se pose la société contemporaine.

Tel a été le succès de ce programme qu'il est devenu aujourd'hui inutile d'y insister : la *Revue générale des Sciences* est actuellement répandue dans le monde entier,

ses services universellement appréciés, son autorité partout reconnue ; on peut dire, sans abuser des mots, qu'elle constitue véritablement une œuvre d'utilité publique.

Son domaine embrasse toutes les sciences, depuis les spéculations les plus élevées de la philosophie scientifique jusqu'au détail le plus précis de l'application. Signalant le progrès dès qu'il apparaît, elle suit, pas à pas, les travaux scientifiques depuis le laboratoire du savant, où les découvertes éclosent, jusqu'à l'usine, où l'ingénieur et l'industriel les mettent en œuvre.

Indiquons d'abord la composition de chaque livraison. Nous donnerons ensuite un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue*.

COMPOSITION

DE CHAQUE LIVRAISON DE LA REVUE

Chaque livraison comprend cinq parties :

1° *Une chronique ;*

2° *Plusieurs articles de fond ;*

3° *L'analyse critique des ouvrages récents ;*

4° *Les comptes rendus des travaux soumis aux Sociétés savantes de la France et de l'Étranger ;*

5° *Le relevé des articles récemment publiés par les principaux journaux scientifiques d'Europe et d'Amérique.*

I. Chronique. — Chaque livraison de la *Revue* débute par la *Chronique des événements scientifiques de la quinzaine écoulée.* Cette chronique se compose d'une série de petits articles, sortes de notes méthodique-

ment classées, qui indiquent, en tout ordre de science, les *faits d'actualité*. Visant surtout à *signaler les nouveautés* et à en donner une description exacte, ces notes sont, quand il y a lieu, illustrées de dessins, de gravures et de photographies. Elles sont envoyées à la *Revue* par une pléiade de savants dont chacun se charge de relever les inventions ou procédés nouveaux qui surgissent dans sa spécialité. Toutes sont signées, de telle sorte que le lecteur particulièrement intéressé puisse s'adresser à l'écrivain pour un supplément d'information.

II. Articles de fond. — La deuxième partie de la *Revue*, — de beaucoup la plus développée, — se compose des *articles de fond*, ordinairement au nombre de *quatre*. Ces articles ont pour objet principal d'exposer l'état actuel des *grandes questions scientifiques* à l'ordre du jour.

Il arrive souvent, en science, que tous les éléments requis pour résoudre un problème existent, sans qu'il y paraisse. La solution globale reste latente, inaperçue, tant que les solutions partielles, qui apportent chacune sa part de lumière, demeurent sans lien, disséminées de tous côtés. Il importe de les rapprocher pour arriver, en les additionnant, à la solution complète de la question. De telles synthèses, faites avec critique, sont infiniment précieuses pour le lecteur, qui n'a ni la compétence ni le loisir de colliger sur chaque sujet qui l'intéresse tous les Mémoires qui s'y rapportent. Le chimiste ne peut pas compulser tous les travaux des physiciens, aussi est-il bien aise de lire un article qui les résume. Et il en est ainsi de tous les lecteurs : quelle que soit la spécialité de chacun, tous désirent être *rapidement mis au courant* de la marche générale des sciences adjuvantes de la leur.

Se pourrait-il, d'ailleurs, qu'à une époque où la science pénètre si intimement la vie sociale, chacun restât indifférent aux découvertes qui surgissent en dehors du sillon où il cherche? Les applications de l'Electricité, les Rayons X, les découvertes dont la glande thyroïde vient d'être l'objet, les tentatives récemment faites en vue de guérir la tuberculose et le cancer, touchent de trop près aux intérêts vitaux de l'humanité, pour ne pas susciter la curiosité universelle : elles s'imposent à l'examen de tous les esprits cultivés.

La *Revue générale des sciences* rend à ses lecteurs l'inappréciable service de leur donner *d'une façon méthodique* la *mise au point* de toutes ces grandes questions d'intérêt général. Chaque fois qu'une découverte importante vient d'être réalisée, à quelque science qu'elle se rapporte, la *Revue* prend soin de la décrire; elle en expose *l'origine*, le *développement*, *l'état actuel*, la *portée* et les *applications*.

Des dessins, graphiques, cartes géographiques, gravures de toutes sortes et photogravures, dus aux meilleurs artistes, sont joints au texte toutes les fois que cela est utile à la clarté de la description.

C'est toujours aux auteurs mêmes des découvertes que la *Revue* a soin de demander ces articles. Elle s'adresse dans ce but aux savants de tous les pays, et c'est là l'un de ses traits les plus originaux. Toute la presse a rendu hommage à l'éclat d'une telle collaboration. Le *Journal de Saint-Pétersbourg* écrivait récemment à ce propos :

« ... Ce qui a valu à la *Revue générale des Sciences* un succès aussi général, c'est qu'elle recueille sa collaboration dans tous les grands centres de la production scientifique, aussi bien à la Société Royale de Londres qu'à l'Académie des Sciences de Paris ; aussi bien à Berlin, à Moscou, qu'à Philadelphie ou à Rome.

« Ayant des collaborateurs dans toutes les grandes villes de l'Europe, la *Revue* compte aussi dans toutes de nombreux lecteurs. Et ce ne sont pas seulement les savants, les professeurs, physiciens, chimistes, biologistes, etc., qui se font un devoir de la lire : elle a pénétré plus intimement dans la vie de notre société contemporaine ; c'est ainsi que, chez nous, par exemple, elle est consultée par tous ceux qui travaillent au progrès de la science et aussi par l'élite de nos ingénieurs et de nos industriels. Les hommes pratiques qui se préoccupent d'appliquer les résultats des recherches scientifiques, trouvent, en effet, dans la *Revue*, à côté du mouvement scientifique pur, — c'est-à-dire de l'exposé des découvertes et des doctrines qu'elles suscitent, — l'indication détaillée de toutes les nouveautés scientifiques susceptibles d'intéresser le spécialiste, le praticien, qu'il s'agisse de Médecine, d'Agriculture, d'Industrie ou de Commerce. Là surtout est le secret du succès de la *Revue générale des Sciences.* »

(Le *Journal de Saint-Pétersbourg* du 19 avril 1896.)

Le *Journal de Saint-Pétersbourg,* qui consacrait ces lignes à la *Revue* dans une étude sur le mouvement scientifique en Russie, soulignait, comme on vient de le voir, le haut intérêt de la série d'articles, également très appréciés en France, que la *Revue* fait paraître sur l'*état actuel et les besoins de nos grandes industries.*

Mais ces sujets, et ceux qui se rapportent à la science pure, ne sont pas les seuls que la *Revue* étudie : elle traite aussi, dans ses articles de fond, les questions de *Géographie économique*, en particulier les *questions coloniales.* En de telles matières, la Science a non seulement le droit, mais le devoir d'intervenir. C'est à elle de nous renseigner sur la salubrité de nos colonies, sur les richesses minérales, forestières ou culturales, qu'il est possible d'en tirer. La *Revue générale des Sciences* fait large place à ces études qui, à juste titre, passionnent aujourd'hui l'opinion.

III. Analyse critique des publications nouvelles. — Cette troisième partie de la *Revue* est consacrée à l'analyse détaillée et à la critique de tous les ouvrages importants récemment parus sur les sciences mathématiques, physiques et biologiques et sur les applications de ces sciences à l'Art de l'Ingénieur, à la Construction mécanique, à l'Agriculture, à l'Industrie, à l'Hygiène publique et à la Médecine.

Ces résumés sont assez détaillés pour dispenser le plus souvent le lecteur de se reporter aux ouvrages originaux.

Toutes ces analyses bibliographiques sont faites par des *spécialistes* et signées de leurs noms.

IV. Comptes rendus des Académies et Sociétés savantes. — Cette quatrième partie de la *Revue* expose les travaux présentés aux principales Académies et Sociétés savantes de la France et de l'Etranger :

Académie des Sciences de Paris ;
Académie de Médecine ;
Société de Biologie ;
Société française de Physique ;
Société Chimique de Paris ;
Société Royale de Londres ;
Société de Physique de Londres ;
Société de Chimie de Londres ;
Société Royale d'Edimbourg ;
Société anglaise des Industries chimiques ;
Académie des Sciences d'Amsterdam ;
Etc., etc...

La *Revue* a tenu à publier, dès leur apparition, l'analyse détaillée des travaux soumis aux principales sociétés savantes de l'Étranger. Dans ce but elle a organisé, avec le concours de certains de leurs membres, un *service régulier de correspondance.* Les comptes rendus que la

Revue reçoit de ces savants offrent d'autant plus d'intérêt que les bulletins de la plupart des Sociétés de l'Etranger ne paraissent que très longtemps, quelquefois un an, après les séances. En donnant par anticipation un résumé détaillé de ces travaux, la *Revue* rend à tous les chercheurs un service inestimable.

V. Relevé des sommaires des journaux scientifiques de la France et de l'Etranger. — Dans un *Supplément* qui accompagne toutes ses livraisons, la *Revue générale des Sciences* publie la liste de tous les articles originaux récemment parus dans les principaux journaux scientifiques du monde entier. Les sommaires d'environ 200 de ces périodiques sont ainsi relevés ; les titres de tous leurs articles sont cités *en français*, avec la mention du nom de l'auteur et de la date de la publication du fascicule qui les contient. Plus de quatre cents articles ou mémoires sont ainsi cités dans chaque livraison.

Ce vaste répertoire de la production scientifique actuelle est infiniment précieux aux travailleurs qui, grâce au mode de classement adopté, trouvent tout de suite, dans le relevé des périodiques, l'ordre de science qui les intéresse.

Comme on le voit, ces cinq parties de la *Revue*, régulièrement représentées dans chaque livraison, sont disposées de telle sorte, que l'ENSEMBLE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE se trouve revisé, d'une part avec assez de détail pour qu'aucun travail de valeur n'échappe au spécialiste intéressé, d'autre part avec assez d'ampleur, de critique et de méthode, pour fixer nettement dans l'esprit du lecteur l'*état précis du progrès théorique et pratique en chaque science.*

Tous ceux qui, à des titres divers, s'y intéressent, — savants, hommes de laboratoire, professeurs, chimistes, médecins, ingénieurs, agronomes, industriels, gens du monde curieux des choses de l'esprit, — trouvent dans la *Revue générale des Sciences* le TABLEAU COMPLET DU MOUVEMENT SCIENTIFIQUE ACTUEL.

Voici un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue* :

PRINCIPAUX SUJETS

RÉCEMMENT TRAITÉS DANS LA REVUE

Ces sujets sont relatifs : 1° à la *Science pure* ; 2° à l'*Industrie* ; 3° à l'*Agronomie* ; 4° à la *Géographie économique*.

I. — Science pure.

Les articles consacrés à ces sujets portent sur toutes les sciences ; ils insistent particulièrement sur celles où des tendances nouvelles se font jour ; et ils s'attachent à montrer, en chacune, l'orientation actuelle des recherches, les voies où les travaux en cours se trouvent engagés.

Les *Mathématiques* ne sont traitées que dans la mesure où il est possible de les exposer sans calculs. Dans ces sciences, ce sont les *idées*, et non pas les formules, que la *Revue* s'applique à indiquer.

En *Physique*, ce sont les faits d'observation et d'expérience conduisant à des conceptions nouvelles, qui ont naturellement la plus large part. L'*Optique* et l'*Electricité*, dont les théories se trouvent comme renouvelées à la suite des travaux de Hertz, de Lénard et de Rœntgen, notamment l'Electricité, si féconde en applications de toutes sortes, sont, dans la *Revue*, l'objet de nombreuses études. Il n'est guère de livraison de ce recueil qui ne leur consacre, sinon un article développé, tout au moins quelques notices très substantielles.

Une autre branche de la Physique, qui a pris, dans notre société, une importance exceptionnelle, la *Photographie*, est aussi, comme il convient, largement représentée. De nombreux articles dus aux spécialistes les plus éminents lui sont régulièrement consacrés.

La *Chimie physique*, science toute d'actualité ; la *Chimie minérale*, à laquelle semblent revenir beaucoup de chercheurs ; la *Chimie organique*, dont le domaine ne cesse de s'étendre ; la *Chimie physiologique*, si utile au biologiste et au médecin, occupent, dans la *Revue*, la grande place à laquelle l'intérêt philosophique de leurs doctrines et l'importance de leurs applications leur donnent droit.

La *Géologie*, actuellement en pleine évolution, les sciences biologiques, la *Physiologie* des plantes, des Animaux et de l'Homme, la *Médecine* et l'*Hygiène*, objets de tant de progrès, voient toutes leurs doctrines, toutes leurs conquêtes soigneusement exposées dans la *Revue générale des Sciences*.

Sous l'influence des travaux de laboratoire, la Pathologie subit une véritable révolution. La *Revue* s'attache à bien marquer le caractère de cette métamorphose. Elle a soin de décrire toutes les nouveautés, toutes les découvertes qui se produisent dans le vaste champ des

sciences médicales, qu'il s'agisse de *Médecine* ou de *Chirurgie*, de neuro-pathologie, de maladie organique ou d'infection virulente.

En *Hygiène*, les questions à l'ordre du jour relatives à l'hygiène infantile, à l'étiologie des maladies épidémiques ou endémiques, aux mesures préventives destinées à combattre ces fléaux, sont décrites en détail. La *Revue* expose aussi les conventions internationales, les grandes entreprises publiques, les travaux d'amenée d'eau et d'assainissement dont se préoccupent les Gouvernements, les grandes agglomérations urbaines, les autorités régionales et locales.

Voici, à titre de **spécimens**, quelques-uns des articles que la *Revue* a récemment consacrés à ces questions :

1. Les Bactéries fossiles et leur œuvre géologique	**M. Bernard Renault** Assistant au Muséum.
2. Le Laboratoire Cryogène de Leyde.	**M. Emile Mathias** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse.
3. La Fluoroscopie.	**M. M.-C. Gariel** Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
4. Le principe de l'évolution et la controverse entre Herbert Spencer et Lord Salisbury.	**M. Edmond Perrier** de l'Académie des Sciences.
5. Les récentes études sur les Faunes les plus anciennes	**M. J. Bergeron** Sous-Directeur du Laboratoire de Géologie à la Sorbonne.
6. La reproduction du mouvement en Photographie, d'après les expériences de MM. A. et L. Lumière a la *Revue générale des Sciences*.	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
7. Les nouveautés dans la Photographie des couleurs	**MM. A. et L. Lumière**

8. La nature de l'Argon	**Lord Rayleigh** de la Société Royale de Londres. **M. William Ramsay** de la Société Royale de Londres.
9. Une nouvelle classe de Composés du Chrome. Les découvertes de M. Recoura	**M. Guichard**
10. Le régime de la Sardine	**M. Fabre-Domergue** Directeur du Laboratoire de zoologie maritime de Concarneau.
11. La structure des Balkans	**M. A. de Lapparent**
12. Les Rayons X.	**M. W. Rœntgen** Professeur de Physique à l'Université de Wurtzbourg.
13. Les Rayons Cathodiques et les Rayons Rœntgen.	**M. H. Poincaré** de l'Académie des Sciences.
14. Expériences sur les Rayons X. .	**Lord Kelvin** Ancien Président de la Société Royale de Londres.
15. La Technique et les récentes applications de la Photographie de l'Invisible	**M. C. Raveau** Chef des travaux du Laboratoire de Physique à la Sorbonne. **M. G. Meslin** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Montpellier.
16. Radiographie du corps entier d'un enfant	**Dr A. Imbert** Professeur de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier. **Dr Bertin-Sans** Assistant de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier.
17. La détermination du Sexe	**M. L. Cuénot** Chargé de cours de Zoologie à la Faculté des Sciences de Nancy.
18. Les idées de M. Yves Delage sur les grands problèmes de la Biologie générale	**M. G.-C. Bourne** Fellow de New-College (Oxford).
19. L'état actuel de nos connaissances sur les Venins	**M. C. Phisalix** Assistant au Muséum.
20. Le Sérum anti-pesteux du Docteur Yersin.	**M. C. Huart** Consul de France à Canton.

21. Les récentes découvertes sur la Fonction Thyroïdienne.	Dr Allyre-Chassevant, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
22. Les Humeurs et les Organes antitoxiques	Dr A. Charrin, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
23. Les Infections non bactériennes.	Dr H. Roger, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
24. Les Injections de Sérum artificiel	M. Maurice Fontoynont, Interne des Hôpitaux.

Indépendamment de ces études qui se succèdent dans la *Revue*, selon les exigences de l'actualité, ses livraisons du 30 de chaque mois renferment chacune un grand article consacré à la revision des récents progrès d'une science particulière. Exemples :

1. Revision annuelle des progrès de l'Astronomie	M. F. Tisserand, Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Paris. M. J. Janssen, Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Meudon.
2. Revision annuelle des progrès de la Physique	M. M.-C. Gariel, Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
3. Revision annuelle des progrès de la Chimie pure	M. A. Etard, Répétiteur de Chimie à l'École Polytechnique.
4. Revision annuelle des progrès de la Géologie	M. Emile Haug, Chef des Travaux de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.
5. Revision annuelle des progrès de la Botanique.	M. L. Mangin, Professeur au Lycée Louis-le-Grand
6. Revision annuelle des progrès de la Zoologie	M. R. Kœhler, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

7. Revision annuelle des progrès de l'Anatomie.	**M. H. Beauregard** Assistant au Muséum.
8. Revision annuelle des progrès de l'Hygiène.	**M. P. Langlois** Chef des Travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris. **M. L. Olivier** Docteur ès sciences.
9. Revision annuelle des progrès de la Chirurgie	**M. H. Hartmann** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Chirurgien des Hôpitaux.
10. Revision annuelle des progrès de la Médecine.	**M. A. Létienne**

Ces grandes études résument avec le plus grand soin les acquisitions des diverses sciences, en précisent l'état actuel, et permettent d'apprécier, en chacune, le sens et l'importance du progrès.

II. — Industrie.

Dans presque toutes ses livraisons la *Revue* consacre une étude à une récente application de la science soit à la *Mécanique*, soit à l'*Art de l'Ingénieur*, soit à la *Métallurgie*, soit à quelqu'une de nos *grandes industries chimiques*.

Voici plusieurs **spécimens** de ces articles :

1. Les récents progrès de la Construction navale aux Etats-Unis.	**M. Croneau.** Professeur à l'Ecole d'Application du Génie maritime.
2. Les nouveaux Toueurs a adhérence magnétique.	**M. E. Avril** Ingénieur civil.
3. Les nouveautés dans la Grande Industrie Chimique	**M. L. Pigeon** Prof. à la Faculté des Sciences de Dijon.
4. Les nouvelles expériences de M. Donkin sur la marche économique de la Machine a Vapeur .	**M. V. Dwelshauvers** Professeur de Mécanique à l'Université de Liège.

5. La surchauffe de la Vapeur dans l'Industrie	**M. Aimé Witz** Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.
6. La fabrication des Extraits tannants	**M. Ferdinand Jean** Ancien chimiste de la Bourse du Commerce.
7. Les récents progrès de la Fermentation alcoolique industrielle.	**M. Lucien Lévy** Professeur à l'Ecole des Industries agricoles de Douai
8. L'Analyse commerciale des matières soumises a l'impôt	**M. F. Dupont** Secrétaire général de l'Association des Chimistes de Sucrerie.
9. Un nouveau système de Traction électrique : le Tramway Claret-Wuilleumier	**M. P. Lauriol** Ingénieur des ponts et chaussées.
10. L'application des Courants triphasés dans les Sucreries et les Raffineries.	**M. D. Korda** Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.
11. La loi de variation de la Force électromotrice appliquée a un Alternateur en influence-t-elle le rendement ?	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique
12. Les Torpilleurs sous-marins . . .	**M. Pesse** Ingénieur des Arts et Manufactures.
13. Les récents perfectionnements du Phonographe	**M. G. Lavergne** Ingénieur civil des Mines.
14. L'Electro-Chimie de l'Aluminium et des Carbures métalliques. .	**M. D. Korda** Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.
15. La Stérilisation de l'Eau par l'Ozone	**Dr J. Répin** Attaché à l'Institut Pasteur.
16. Le Concours de la Ville de Paris pour la Stérilisation des eaux de rivière destinées a la Boisson	**M. P. Lauriol** Ingénieur des ponts et chaussées
17. L'influence du froid sur les qualités des Métaux en Mécanique.	**M. E. Demenge** Ingénieur des ponts et chaussées.
18. Le Comparateur du Ct Hartmann pour mesurer la dilatation des Métaux	**M. G. Charpy** Docteur ès sciences.
19. Sur quelques progrès de la Photographie pratique.	**M. E. Silz**

Il convient aussi d'appeler l'attention sur une autre classe d'articles industriels, dont la *Revue* a conçu le programme et dont elle poursuit, depuis un an, la publication régulière. Nous voulons parler des MONOGRAPHIES qu'elle consacre à l'ÉTAT ACTUEL DES GRANDES INDUSTRIES.

Chaque grande industrie [1] est, dans la *Revue*, l'objet d'une monographie détaillée, due à un CHIMISTE, à un INGÉNIEUR notoirement compétent, ou à un MANUFACTURIER ayant conquis, dans la défense des intérêts *généraux* de l'industrie qu'il exerce, une éclatante autorité.

Ces monographies industrielles s'attachent à bien mettre en évidence dans chaque cas :

1° L'*application des méthodes scientifiques au perfectionnement des procédés de fabrication* ;

2° Le *régime économique*, notamment les résultats des dernières lois de douane ;

3° Les *conditions sociales du travail.*

Ces grands articles indiquent, pour chaque industrie, les conditions dans lesquelles elle s'est développée, les causes de son essor, son état actuel, l'outillage qu'elle exige, le détail des opérations qu'elle requiert, la façon dont la science y intervient, les problèmes que celle-ci a successivement résolus et ceux dont on doit lui demander la solution. On y trouve aussi, très soigneusement exposé, avec *cartes et diagrammes* à l'appui, tout ce qui concerne la répartition et l'expansion géographique de l'industrie considérée, ses débou-

[1] C'est à dessein que nous disons « une industrie » et non pas un établissement industriel, une usine. La *Revue* ne consacre JAMAIS un article à la description d'une manufacture, entreprise privée d'un industriel ou d'une compagnie. Elle traite, ce qui est bien différent, de chaque industrie, considérée *dans son ensemble*.

chés, son importance comme élément de la richesse publique, ses statistiques, les cours de ses matières premières et de ses produits, les fluctuations de sa prospérité en rapport avec les régimes économiques qui lui ont été imposés, ses besoins actuels, les dispositions législatives qu'elle réclame, l'aide que ses syndicats lui apportent, la façon dont le travail manuel y est organisé et rémunéré, les dispositions prises pour ou par les ouvriers en vue d'assurer leur bien-être, enfin la comparaison de l'état de la même industrie en France et à l'Étranger.

Ces grandes monographies permettent au lecteur de se faire une idée exacte des FORCES INDUSTRIELLES de notre pays ; elles fournissent à l'*Économiste* et au *Législateur* des éléments d'appréciation qui leur font défaut aujourd'hui et devraient cependant être à la base de tous leurs travaux ; elles appellent l'attention du *Savant* sur les questions techniques qui sollicitent son concours ; elles donnent au *Praticien* la vue élevée des choses de son métier, au *Commerçant*, au *Financier*, à l'*Administrateur* les moyens d'apprécier sainement la valeur des entreprises qui les intéressent.

Voici les sujets traités dans les diverses monographies industrielles déjà parues dans la *Revue* :

L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES PÊCHES MARITIMES EN FRANCE	**M. G. Roché** Inspecteur principal des Pêches maritimes.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE EN FRANCE	**M. E. Urbain** Chimiste de Sucrerie. **M. L. Lindet** Professeur de Technologie à l'Institut Agronomique.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES CHAUX HYDRAULIQUES ET DES CIMENTS EN FRANCE	**M. E. Candlot.**

L'Industrie des Suifs comestibles et industriels	M. F. Jean. M. J. Jean Chimistes industriels.
L'État actuel de l'Industrie de l'Acide sulfurique	M. E. Sorel Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'État actuel du Travail du Fer et de l'Acier	M. E. Demenge Ingénieur civil.
L'État actuel de l'Industrie des Phosphates et Superphosphates en France.	M. E. Sorel Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'État actuel de la Verrerie et de la Cristallerie en France	M. E. Damour Ancien Ingénieur de la Verrerie de Folembray. M. G. Guéroult Ancien Sous-Directeur des Cristalleries de Baccarat.
L'État actuel de l'Industrie des Eaux-de-Vie et Liqueurs en France.	M. X. Rocques Ancien Chimiste principal du Laboratoire municipal de Paris.
L'État actuel de la Fabrication de la Fonte en France	M. A. Pourcel Ancien chef de Service des Hauts-Fourneaux et Aciéries de Terrenoire.
L'État actuel de la Navigation intérieure en France	M. A. de Bovet Directeur de la Compagnie de Touage de la Basse-Seine et de l'Oise.
L'État actuel de la Féculerie en France.	M. L. Laze Ingénieur-chimiste.

III. — Agronomie.

Les applications des Sciences à l'Agriculture sont exposées dans la *Revue* par les agronomes les plus éminents de notre pays.

Tous les ans M. P.-P. Dehérain, de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum et à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, traite, en un grand article, des progrès agronomiques accomplis depuis un an.

Mais, toute l'année, à mesure que se produisent d'intéressantes nouveautés, divers spécialistes les font connaître aux lecteurs. Ceux-ci se trouvent ainsi constamment tenus au courant du mouvement agronomique actuel, comme le montrent les articles suivants récemment parus :

1. La lutte actuelle contre le Black Rot.	**M. D. Zolla** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
2. Les Cartes agronomiques communales.	**M. A. Carnot** Membre de l'Académie des Sciences, Inspecteur en chef des Mines.
3. La Laiterie moderne et l'Industrie du Lait concentré.	**M. R. Lezé** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
4. Un Nouveau Système de Drainage.	**M. E. Risler** Directeur de l'Institut Agronomique. **M. G. Wéry** Directeur des Etudes à l'Institut Agronomique.
5. Les Moteurs a Pétrole en Agriculture.	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

Comme pour nos industries, la *Revue* a voulu aussi consacrer à chacune de nos grandes cultures une monographie particulière.

Voici quelques exemples de ces monographies agricoles :

L'état actuel de la Culture des Plantes ornementales en Algérie.	**M. H. Rivière** Directeur du Jardin d'Essai du Hamma, à Alger.
L'état actuel de la Culture de la Betterave en France.	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais. **M. L. Malpeaux** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais
L'état actuel de l'Apiculture en France.	**M. R. Hommel** Professeur spécial d'Agriculture du Puy-de-Dôme.

L'État actuel de l'Aviculture en France	**M. C. Voitellier** Professeur départemental d'Agriculture à Meaux.
L'État actuel de la Vinification en France	**M. L. Roos** Directeur de la Station Œnologique de l'Hérault.
L'État actuel de la Vinification en Algérie	**M. J. Dugast** Directeur de la Station Agronomique d'Alger.
L'État actuel de la Culture de l'Orge de brasserie et du Houblon en France	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais.

IV. — Géographie économique.

La *Revue* s'applique, enfin, à faire connaître le progrès de l'exploration et de la colonisation, l'état actuel de nos possessions et des pays soumis à notre Protectorat. Sur ces sujets elle a notamment publié :

Le Protectorat de la France en Tunisie	**M. E. Levasseur** Membre de l'Institut.
Les Anglais a Zanzibar	**M. H. Dehérain** Professeur à l'Ecole Monge.
Le Congo français	**M. J. Deloncle** Sous-Directeur au Ministère des Colonies.
Les Produits végétaux du Congo français	**M. L. Lecomte** Explorateur au Congo.
La Géologie et les Mines du bassin du Niari	**M. M. Bertrand** Professeur de Géologie à l'Ecole Supérieure des Mines.
Création d'une Voie de communication du Stanley-Pool a la Mer	**M. A. Cornille** Capitaine du Génie. **M. J. Goudard** Capitaine du Génie.
Le Soudan français L'Expansion française en Afrique	**M. XXX**
Les Conditions sanitaires de l'Afrique intertropicale	**Dr G. Treille** Directeur de la Santé aux Colonies.

Les Hovas de Madagascar.	M. A. Grandidier Membre de l'Institut.
L'État du commerce a Madagascar et l'avenir économique de l'île. . . .	M. G. Foucart Chargé de missions à Madagascar.

Spécialement sur la Tunisie, la *Revue* a publié :

1. La Nature Tunisienne.	**M. Marcel Dubois** Professeur de Géographie coloniale à la Sorbonne.
2. Les grandes Étapes de la Civilisation en Tunisie.	**M. G. Boissier** Secrétaire perpétuel de l'Académie française.
3. Les grands Travaux d'Art et les Aménagements agricoles des Romains en Tunisie.	**M. P. Gauckler** Directeur du Service des Antiquités et des Arts de la Régence de Tunis
4. La Population et les Races en Tunisie	**M. J. Bertholon** Médecin à Tunis.
5. L'Aspect de la Civilisation indigène actuelle en Tunisie. . . .	**M. G. Deschamps** Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure et de l'Ecole d'Athènes.
6. Les conditions sanitaires et l'hygiène en Tunisie	**M. A. Loir** Directeur de l'Institut Pasteur de Tunis.
7. La Géologie, les Carrières et les Mines en Tunisie	**M. E. Haug** Chef des Travaux pratiques de Géologie à la Sorbonne. **M. R. Cagnat** Professeur au Collège de France. Membre de l'Institut. **M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
8. Les Forêts et la question du reboisement en Tunisie.	**M. G. Loth** Professeur au Lycée Carnot à Tunis.
9. L'Acclimatation végétale en Tunisie	**M. M. Cornu** Professeur au Muséum.
10. L'Agriculture en Tunisie	**M. L. Grandeau** Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Nancy.

11. LA CULTURE DE L'OLIVIER EN TUNISIE	**M. de Lespinasse-Langeac** Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie.
12. LES CONDITIONS ÉCONOMIQUES ET SOCIALES DE LA COLONISATION AGRICOLE EN TUNISIE	**M. J. Chailley-Bert** Secrétaire général de l'Union Coloniale française.
13. LES INDUSTRIES DES INDIGÈNES EN TUNISIE	**M. J. Fleury** Chef de Bureau de S. M. le Bey.
14. LES INDUSTRIES DES EUROPÉENS EN TUNISIE	**M. Robert** Vice-Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie. **M. X. Rocques** Chimiste-conseil du Domaine de Potinville. **M. J. Deiss** Membre de la Chambre de Commerce de Marseille.
15. LES RAPPORTS DE LA TUNISIE AVEC LE MARCHÉ EUROPÉEN	**M. G. Wolfrom** Attaché à la Résidence générale, à Tunis.
16. LES RELATIONS COMMERCIALES DE LA TUNISIE AVEC LE SAHARA ET LE SOUDAN	**M. le L^t-C^l Rébillet** Chef de la Maison militaire de M. le Résident général, à Tunis.
17. LES TRAVAUX PUBLICS DE LA RÉGENCE	**M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
18. L'ÉTAT ACTUEL DES SERVICES SCIENTIFIQUES ET DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE EN TUNISIE.	**M. R. Versini** Professeur au Lycée d'Aix
19. LA STATISTIQUE DE LA TUNISIE. . .	**M. V. Turquan** Directeur de la Statistique au Ministère du Commerce.
20. L'ŒUVRE ADMINISTRATIVE DE LA FRANCE EN TUNISIE	**M. E. Levasseur** Membre de l'Académie des Sciences morales et politiques.

APPRÉCIATIONS DE LA PRESSE

SUR LA « REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES »

Les articles de la *Revue*, — précisément parce qu'ils apportent des *arguments et des faits d'ordre scientifique* à la discussion des questions d'intérêt général, — sont souvent cités au cours des débats parlementaires ; les feuilles politiques leur font de fréquents emprunts et ont ainsi l'occasion de leur rendre hommage.

Nous ne rapporterons pas ici les appréciations élogieuses que les grands journaux de Paris (*le Temps, les Débats, le Gaulois, le Figaro, le Monde,* etc...), des Départements (plus de 300), et de l'Etranger (*Times*, plus de 200 périodiques, etc...), — ont, en bien des circonstances, émises sur la *Revue*. Contentons-nous de reproduire l'article suivant, dans lequel le *Journal des Débats* juge ainsi l'œuvre de la *Revue générale des Sciences :*

« La science a cessé d'être le domaine de quelques-uns. Elle pénètre notre existence, et nul homme du monde ne peut s'affranchir de la nécessité de se tenir au courant de ses découvertes et de ses progrès.

« Aussi a-t-on vu se multiplier, en ces dernières années, les journaux dits « scientifiques ». Le nombre de ces feuilles démontre qu'un nouveau besoin est né dans l'esprit public, qu'une curiosité s'est ouverte à ce qui, naguère encore, paraissait un mystère interdit à la foule.

« Il s'en faut, cependant, que toutes ces publications méritent créance. La plupart n'ont de scientifique que le nom. Comme si elles avaient peur d'effrayer leurs lecteurs en les initiant vraiment à la science, elles croient faire assez en leur donnant chaque

semaine, à côté de vagues dissertations sans conclusion, quelques recettes d'hygiène, de photographie, d'électricité usuelle, ou encore des statistiques incohérentes ayant une fois pour objet le nombre de kilomètres parcourus en un jour par tous les vélocipédistes du monde entier, une autre fois la quantité de becs de gaz par groupe de dix mille habitants dans les principales villes de l'Europe.

« Une seule revue a, depuis six ans, trouvé le moyen de rester constamment scientifique, dans le sens le plus élevé du terme, tout en se maintenant pratique et accessible à tous les esprits cultivés : c'est la *Revue générale des Sciences pures et appliquées,* couramment appelée la « *Revue Verte* ».

« Le domaine de cette Revue est des plus vastes : c'est, en réalité, celui de la science tout entière, méthodiquement étudiée et considérée depuis ses principes jusqu'au détail de ses applications.

« Un tel programme n'est réalisable qu'avec une direction sans cesse en éveil et bien consciente de son rôle. Il ne faut pas croire, en effet, que, pour faire une Revue, il suffise d'imprimer bout à bout des articles, mêmes savants, recueillis au hasard des rencontres. Il faut choisir, dans chaque département de la Science, les sujets à traiter et, pour chacun d'eux, l'écrivain le plus autorisé. Il faut, en outre, combiner ces articles de telle sorte que, dans chaque Science, leur ensemble donne au lecteur le tableau complet des progrès récents, l'exacte mise au point des questions à l'ordre du jour.

« Or, dans la *Revue générale des Sciences*, — et c'est là un trait qui la distingue entre toutes, — ce souci de la méthode et de l'équilibre se sent à chaque page. L'étendue de chaque article est proportionnée à l'importance et à l'actualité du sujet ; et, quelle que soit la question traitée, elle est toujours exposée par un spécialiste hautement compétent.

« Aussi ce recueil est-il devenu, non seulement en France, mais dans le monde, le trait d'union des savants et du public. Chaque fois qu'ils ont une découverte à exposer, une communication d'intérêt général à présenter, c'est à la *Revue Verte* que recourent les maîtres de la science : les Bouchard, Lippmann, Milne-Edwards, Grandidier, Cornu, Marey, Poincaré, Bertrand, Berthelot, Dehérain, Janssen, Crookes, Ramsay, Ostwald, Rœntgen, etc., etc.

« A côté des articles de ces savants, — qui tiennent ses lecteurs

au courant de tous les faits d'ordre scientifique qu'un homme instruit doit connaître, — la *Revue* fait large part aux préoccupations pratiques de la société moderne. C'est ainsi qu'elle accorde un développement particulier aux questions agronomiques, industrielles et coloniales.

« Il serait superflu de rappeler, à ce propos, l'importance de l'enquête qu'elle a instituée pour faire connaître l'état actuel et les besoins de nos grandes industries urbaines et rurales. Ses monographies agricoles et industrielles ne sont pas seulement précieuses aux praticiens : elles attirent actuellement l'attention de tous ceux qui se préoccupent des destinées de notre pays.

« C'est pour répondre à la même patriotique curiosité que la *Revue* a entrepris de faire paraître une série d'articles sur la géographie, les ressources minérales, forestières, culturales et commerciales de nos possessions d'outre-mer. On sait, notamment, avec quelle faveur a été accueillie, dans le monde entier la livraison de la *Revue* consacrée à « *Ce qu'il faut connaître de Madagascar* ».

« Cette riche variété d'études, savamment associées, de façon à tenir le public au courant de tout le mouvement scientifique contemporain, a concilié à la *Revue générale des Sciences* les sympathies du public instruit ; et c'est un signe heureux que, dans notre démocratie, un recueil de haute science obtienne le succès en intervenant aussi directement dans les affaires de notre pays. »

(Extrait du *Journal des Débats* du 4 mars 1896.)

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

PARAISSANT LE SAMEDI

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : J. BLONDIN

ABONNEMENTS

FRANCE et ALGÉRIE : 50 francs. — UNION POSTALE : 60 francs.

Les abonnements partent du commencement de chaque trimestre.

Prix du Numéro : 1 Franc.

Lorsqu'en septembre 1894 *La Lumière Electrique* cessa brusquement de paraître, l'émoi fut grand parmi tous ceux, savants et industriels, qui s'occupent d'électricité. C'était, en effet, un recueil universellement apprécié, dont la collection constitue aujourd'hui une sorte d'encyclopédie de la Science électrique et de ses applications, où tous les faits nouveaux, toutes les découvertes récentes se trouvent consignés et étudiés avec les développements qu'ils comportent.

Combler le vide laissé dans la Presse scientifique par la disparition de cet important organe s'imposait. C'est dans ce but que, groupant les principaux collaborateurs de ce recueil et y adjoignant des éléments nouveaux en vue d'accentuer son double caractère industriel et scientifique, **L'Éclairage Électrique** a été fondé. Publié sous le même format, avec la même périodicité, aussi largement illustré que *La Lumière Électrique*, **L'Éclairage Électrique**, qui paraît régulièrement depuis le 15 septembre 1894, a su conserver, et même, suivant

d'aucuns, dépasser le rang qu'avait atteint son prédécesseur.

COMPOSITION DE CHAQUE NUMÉRO

Chaque numéro comprend cinq parties :

1° *Articles de fond.*
2° *Revue industrielle et des inventions.*
3° *Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques.*
4° *Bibliographie.*
5° *Chronique.*

I. **Articles de fond.** — Les articles de fond, généralement au nombre de quatre, se composent d'*articles originaux, de revues critiques et de descriptions d'usines, d'installations et de matériel.*

Les *articles originaux*, dus à la plume des savants les plus illustres et des ingénieurs les plus distingués, sont de beaucoup les plus nombreux et les plus développés. Les questions les plus complexes de l'électricité pure, aussi bien que les problèmes les plus ardus de l'art de l'ingénieur électricien y sont traités avec ampleur ; en outre, une place est accordée aux questions qui, sans être absolument du domaine de l'électricité, comme celles de l'optique et, dans un autre ordre d'idées, les questions relatives aux moteurs hydrauliques et thermiques, s'y rattachent assez étroitement pour présenter quelque intérêt aux savants et aux industriels.

Les *revues critiques* ont pour objet de remettre sous les yeux du lecteur, à l'occasion de quelque nouvelle

découverte, l'ensemble des travaux effectués dans une des parties du domaine si vaste de l'électricité ; toujours confiées à un savant ou à un praticien au courant de la question, ces revues ont pour le lecteur l'inappréciable avantage de le dispenser d'aller chercher dans d'innombrables publications les mémoires originaux qui l'intéressent.

Les *descriptions d'usines, d'installations et de matériel*, généralement faites par les ingénieurs chargés de leur exécution ou en mesure de les étudier avec soin, sont toujours illustrées avec la plus grande profusion.

II. **Revue industrielle et des inventions.** — Dans cette seconde partie, **L'Éclairage Électrique** donne l'analyse des principaux articles publiés dans les *journaux français et étrangers*, des communications faites aux *Sociétés techniques* et des *Brevets d'invention*. Ces analyses, faites avec le plus grand soin et le plus rapidement possible, tiennent chaque semaine les ingénieurs au courant des questions qui les intéressent.

III. **Revue des Sociétés savantes et de la presse scientifique.** — Cette troisième partie rend aux savants les mêmes services que la précédente aux industriels ; elle est consacrée à l'analyse détaillée des mémoires présentés aux diverses *Académies et Sociétés savantes* ou publiés dans les principaux *Recueils scientifiques* du monde entier. Grâce à la compétence des collaborateurs qui en sont chargés, grâce aussi au soin et à la scrupuleuse exactitude qu'ils apportent à ce travail délicat de résumer la pensée des autres sans la défigurer, cette *Revue* jouit d'une estime universelle et tout auteur d'un travail sérieux tient à honneur d'y figurer.

raphie. — Tout ouvrage important publié en France ou à l'étranger et se rapportant à l'électricité est l'objet d'une analyse critique absolument impartiale, assez étendue pour indiquer au lecteur la valeur de l'ouvrage et la nature de son contenu.

V. **Chronique.** — Sous les rubriques : *L'Industrie électrique en France* et l'*Industrie électrique à l'étranger*, sont donnés chaque semaine des renseignements très complets sur le développement des applications de l'électricité : *travaux projetés*, *installations d'usines récentes*, *formation de sociétés*, *résultats d'exploitation*, *statistique*, etc.

Dans les *Faits divers*, outre des renseignements généraux du même genre que les précédents, sont données des analyses succinctes des travaux industriels et scientifiques de nature à pouvoir être exposés sans illustration.

Cette division du journal en cinq parties et le développement qu'il est possible de donner à chacune d'elles grâce à l'étendue de chaque numéro permettent de renseigner le lecteur, *rapidement et complètement*, sur tout ce qui s'écrit ou se fait en électricité, dans le monde entier.

CONDITIONS ET PRIX DE LA PUBLICATION

L'Éclairage Électrique paraît régulièrement tous les samedis, par fascicules in-4° de 48 pages imprimées sur deux colonnes, avec de très nombreuses figures.

Chaque année de la publication forme 4 volumes trimestriels de plus de 500 pages chacun, accompagnés d'une table très détaillée, par matières et par noms d'auteurs, à la fin de chaque volume.

Imprimé avec le plus grand soin, sur du très beau papier, et orné de figures très soignées, *L'Éclairage Électrique*, bien que le prix de l'abonnement annuel en puisse paraître élevé (**50** fr. pour la France et **60 fr.** pour l'étranger), est la publication française d'électricité la moins chère, étant donné l'abondance des matières qu'on y trouve traitées et la quantité de pages qu'elle contient (près de 2000 par an).

Tout y est signalé, analysé ou traité, de ce qui peut intéresser le savant ou l'ingénieur électricien. *L'Éclairage Électrique* peut être considéré comme une encyclopédie de la science de l'électricité et de ses applications, qu'il suffit de consulter pour être au courant de toutes les nouvelles théories, de toutes les nouvelles expériences, de toutes les nouvelles entreprises, de toutes les nouvelles inventions ou découvertes en électricité, sans être obligé de consulter aucune autre publication.

ième Année



REVUE INTERNATIONALE

ILLUSTRÉE

DE LA

PHOTOGRAPHIE

ET DES

SCIENCES ET ARTS QUI S'Y RATTACHENT

JOURNAL ABSOLUMENT INDÉPENDANT

Rédacteur en Chef : **G. MARESCHAL**

PUBLICATION MENSUELLE

Prix de l'Abonnement : France, **7** francs. — Union postale, **8** francs.



PARIS

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

3, rue Racine, 3

'abonne sans frais dans tous les bureaux de poste (France et Colonies).

CHAQUE NUMÉRO CONTIENT UNE ILLUSTRATION HORS TEXTE

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY







